This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

M. BÜCHELER ET L. GAUTIER

MANUEL
DE DISTILLERIE

PARIS
CH. BÉRANGER EDITEUR

Chem 7918.99

HARVARD COLLEGE LIBRARY

BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787–1858)
OF BOSTON

FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION

SCIENCE CENTER LIBRARY

MANUEL

DE DISTILLERIE

MÊME LIBRAIRIE

C. SCHNABEL. *Traité théorique et pratique de métallurgie.* Traduit de l'allemand par le Dr **L. Gautier**.

TOME PREMIER : *Cuivre. — Plomb. — Argent. — Or.* Grand in-8° de 836 pages, avec 586 figures dans le texte, relié. . . . . **40 fr.**

TOME SECOND : *Zinc. — Cadmium. — Mercure. — Bismuth. — Étain. — Antimoine. — Arsenic. — Nickel. — Cobalt. — Platine. — Aluminium.* Grand in-8° de 648 pages, avec 373 figures dans le texte, relié. . . . . **30 fr.**

W. BORCHERS. *Traité d'électrométallurgie : Magnésium, lithium, glucinium, sodium, potassium, calcium, aluminium, césium, lanthane, didyme, cuivre, argent, or, zinc, cadmium, mercure, étain, plomb, bismuth, antimoine, chrome, manganèse, fer, nickel, cobalt, platine, etc.* Traduit d'après la deuxième édition allemande, par le Dr **L. Gautier**. Un volume grand in-8° de 476 pages, avec 198 figures dans le texte et 3 planches, relié. . **25 fr.**

W. OHLMULLER. *Guide pratique pour l'analyse de l'eau; analyse chimique, micrographique et bactériologique.* Traduit d'après la deuxième édition allemande par le Dr **L. Gautier**. Un volume in-8° de 289 pages, avec 77 figures dans le texte, relié . . . . . **10 fr.**

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

MANUEL

DE DISTILLERIE

GUIDE PRATIQUE

POUR

L'ALCOOLISATION DES GRAINS, DES POMMES DE TERRE
ET DES MATIÈRES SUCRÉES

PAR

Le Dr M. BÜCHELER

DIRECTEUR DE L'INSTITUT TECHNIQUE DE DISTILLERIE DE WEIHENSTEPHAN (BAVIÈRE)

TRADUIT DE L'ALLEMAND

ET AUGMENTÉ DE NOMBREUSES ADDITIONS

PAR

Le Dr L. GAUTIER

Avec 156 figures dans le texte.

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

Successeur de BAUDRY et Cie

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MÊME MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1899

Tous droits réservés.

7918.99

PRÉFACE DU TRADUCTEUR

Bien que notre littérature technique soit déjà pourvue de nombreux traités sur la fabrication de l'alcool, nous n'avons cependant pas hésité à entreprendre la traduction du *Manuel de distillerie* de M. le professeur M. Bücheler, parce que nous avons trouvé dans cet ouvrage une précision et une clarté qu'on rencontre rarement dans les publications de ce genre; ces précieuses qualités tiennent surtout à la grande expérience acquise par l'auteur durant sa longue carrière de Directeur de l'Institut technique de distillerie de Weihenstephan (Bavière). En outre, comme on le sait, les sciences progressent rapidement et des découvertes nouvelles viennent contribuer chaque année au perfectionnement des industries chimiques, parmi lesquelles celle de l'alcool a, sous ce rapport, été dans ces derniers temps une des mieux partagées ; cette considération suffirait à elle seule pour justifier la publication du présent ouvrage.

L'édition allemande du *Manuel de distillerie* ne comprend que le traitement des substances amylacées (grains et pommes de terre), incomparablement plus difficile que celui des matières sucrées et qui en Allemagne, par suite des conditions fiscales, sont les seules matières premières de la fabri-

cation de l'alcool. Pour correspondre aux conditions de notre industrie nationale, nous avons introduit dans notre traduction l'alcoolisation des matières sucrées (betteraves, mélasses, topinambours), qui sont traitées en France par un grand nombre de distillateurs. De plus, les appareils distillatoires usités en Allemagne n'étant guère employés chez nous, il nous a fallu ajouter aussi la description des dispositifs les plus répandus dans nos usines. Toutes ces additions sont intercalées dans les différents chapitres de l'ouvrage et placées entre crochets.

Le livre de M. le professeur Bücheler étant surtout destiné aux distilleries agricoles de l'Allemagne, qui ne fabriquent que de l'alcool brut, l'épuration ou raffinage de ce dernier ne s'y trouve pas décrite. Nous avons donc dû remplir cette autre lacune par l'addition d'un chapitre sur le raffinage de l'alcool (Chap. IX).

Enfin, nous avons décrit, également dans un chapitre particulier (Chap. VII), le tout récent procédé de saccharification et d'alcoolisation des matières amylacées par les mucédinées. A l'aide de ce procédé, imaginé par Collette et Boidin, on peut réaliser industriellement la fermentation en vase clos, c'est-à-dire à l'abri des germes étrangers, condition qui seule permet d'obtenir des flegmes aussi riches que possible en alcool bon goût. Ce mode de traitement des substances amylacées est incontestablement la plus belle et la plus féconde des applications industrielles de la science créée par l'illustre Pasteur, de la microbiologie.

Disons aussi que l'intelligence du texte est beaucoup facilitée par les figures qui l'accompagnent et dont le nombre a été

presque doublé, en raison des additions que nous avons faites.

L'ouvrage du savant professeur de Weihenstephan, tel que nous le présentons aux distillateurs, se trouve donc notablement augmenté, et, nous le croyons du moins, autant que possible au niveau de la science actuelle ; nous espérons que sous cette forme il sera favorablement accueilli et qu'il pourra rendre quelques services à tous ceux qui s'occupent à un titre quelconque de la fabrication de l'alcool.

Dr L. GAUTIER.

Melle (Deux-Sèvres), août 1899.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

LES MATIÈRES PREMIÈRES, LEUR COMPOSITION ET LEURS PROPRIÉTÉS

A. *Matières amylacées.*

1. Pommes de terre 1
2. Orge 13
3. Seigle 20
4. Avoine 23
5. Froment 23
6. Maïs 24
7. Dari 29
8. Riz 29
9. Amidon (sa formation, ses propriétés et ses transformations en distillerie) 31

B. *Matières sucrées.*

1. Betterave à sucre 34
2. Topinambours 39
3. Mélasse 41

Tableau de la composition des matières amylacées et des matières sucrées 43

Eau 43

Analyse 47

CHAPITRE II

PRÉPARATION DU MALT

Généralités (but du maltage, choix de la matière première, conditions de la germination) 49

Pratique de la préparation du malt 55

1. Mouillage ou trempe de l'orge 55

2. Lavage de l'orge 61
3. Traitement de l'orge trempé sur l'aire du germoir 68
Disposition des germoirs ou caves de malterie 76
4. Maltage de l'orge anormale, du seigle, du froment et du maïs. . . 78
Maltage de l'orge anormale 78
Malt d'avoine 80
Malt de seigle et de froment 80
Malt de maïs 82
5. Concassage du malt vert 84

CHAPITRE III

PRÉPARATION DU MOUT SUCRÉ

A. Préparation du mout avec les matières amylacées 91
I. Traitement des pommes de terre 91
a. Lavage des pommes de terre 91
b. Cuisson des pommes de terre d'après l'ancien procédé 96
c. Cuisson des pommes de terre d'après le nouveau procédé. . . . 103
Cuiseur Henze, forme ancienne, 105, forme nouvelle, 107 ; cuiseur Egrot, 109. — Pratique de la cuisson, 110; cuisson des pommes de terre gelées ou pourries, 113. — Exhausteur à jet de vapeur, 116. — Distribution de la vapeur dans le cuiseur Henze, 118. — Dispositifs pour la vidange des cuiseurs Henze, 119. — Action de la haute pression sur l'amidon, 122.
II. Traitement du maïs, du riz, du dari et des céréales. 125
a. Ancien procédé sans haute pression 125
Traitement du maïs, 126. — Traitement du seigle pour eau-de-vie de grains, 128.
b. Nouveau procédé sous haute pression 130
Traitement du maïs en grains entiers, 130 ; pratique de la cuisson, 134. — Traitement du riz, 138. — Traitement du dari, 140. — Traitement du seigle, du froment et de l'orge, 140. — Traitement du maïs et des céréales réduits en farines, 144 ; cuiseur de Bohm, 140.
III. Saccharification ou préparation du mout sucré 148
a. Formation du sucre 149
b. Pratique de la préparation du mout 252
Appareils à mout 157
Appareil d'Ellenberger, 157, de Hentschel, 162; appareils rectangulaires de Hentschel, 166, d'Egrot et Grangé, 170.
IV. Refroidissement du mout sucré à la température de mise en fermentation 170
a. Refroidissement par l'air (bacs refroidissoirs) 171
b. Refroidissement combiné par l'eau et par l'air 174
c. Refroidissement par l'eau (réfrigérants tubulaires) 177
d. Refroidissement à l'aide de glace 181

V. Dépelage du moût 182
Dépeleur de Müller, 183, de Ilentschel, 187, de Hampel, 188, de Hintz et Goebel, 190.
Saccharification des grains par les acides 192
Saccharification à l'air libre 192
Saccharification sous pression 193
B. Préparation du moût avec les matières sucrées 197
I. Traitement des betteraves 197
a. Lavage des betteraves 197
b. Extraction du jus des betteraves par râpage et expression de la pulpe. 198
c. Extraction du jus des betteraves par découpage en cossettes et macération ou diffusion 202
Macération 206
Procédé P. Barbier 212
Diffusion 215
II. Traitement des topinambours 220
III. Traitement des mélasses de betteraves 222
a. Dilution de la mélasse avec de l'eau 222
b. Neutralisation et chauffage (dénitrage) 223

CHAPITRE IV

PRÉPARATION DE LA LEVURE ARTIFICIELLE

Remarques préliminaires 226
I. Préparation du moût-levain et sa saccharification 229
Fourquet à vapeur de Bohm 231
Appareils à moût-levain 232
II. Acidification du moût-levain 234
III. Refroidissement du moût-levain acidifié 240
IV. Ensemencement et développement de la levure 247
Mise en train de la fermentation au début de la campagne 250
Levure de culture pure 250
Nature de la levure et sa propagation 255
V. Durée de la fermentation et degré de maturité de la levure 259
VI. Prélèvement de la levure-mère et sa conservation 261
VII. Méthodes de préparation des espèces de levures les plus employées. 263
a. Levure de malt vert, 263. — *b*. Préparation d'une levure de moût sucré et de malt vert, en évitant les points morts, employant du bisulfite de chaux comme désinfectant et suracidifiant avec du moût-levain acidifié, 265. — *c*. Préparation de la levure avec économie d'eau, 268. — *d*. Levure de vingt-quatre heures, 269. — *e*. Procédé pour préparer de la levure avec une courte période d'acidification, 270. — *f*. Levain de secours, 271. — *g*. Levain pour moût de maïs, 272. — *h*. Emploi de la levure de culture pure, 273 ; appareil de Jacquemin pour la culture de la levure pure, 278. — *i*. Emploi du ferment lactique de culture pure, 181. — *k*. Emploi de la levure de bière, 284.

CHAPITRE V

FERMENTATION DES MOUTS

I. Remarques générales. 288
II. Les différentes périodes de la fermentation. 291
III. Conduite de la fermentation 297
Réfrigérants des cuves de fermentation 298
Réfrigérants mobiles 299
Rafraîchissement des moûts avec de l'eau 309
Espace perdu des cuves de fermentation 310
Différentes formes de la fermentation 312
Fermentation des moûts de matières amylacées préparés par les acides. 317
Fermentation des jus de betteraves 318
Fermentation des jus de topinambours 321
Fermentation des mélasses 321
IV. La salle de fermentation et les cuves de fermentation 324

CHAPITRE VI

PURETÉ DE LA FERMENTATION, EMPLOI DES ANTISEPTIQUES, CALCUL DU RENDEMENT, ALCOOMÉTRIE

I. Pureté de la fermentation; antiseptiques. 331
Dangers auxquels est exposée la pureté de la fermentation. 331
Caractères d'une fermentation impure 332
Emploi des antiseptiques 333
Acide fluorhydrique, 333 ; procédé Effront, 334. — Fluorure d'ammonium, 340. — Bisulfite de chaux, 341. — Antinonnine, 341. — Aldéhyde formique, 342.
II. Pertes pendant la fermentation 343
III. Calcul du rendement. 348
IV. Alcoométrie. 358

CHAPITRE VII

SACCHARIFICATION ET ALCOOLISATION DES MATIÈRES AMYLACÉES PAR LE PROCÉDÉ COLLETTE ET BOIDIN

I. Saccharification et alcoolisation de l'amidon par les mucédinées . . 364
Origine et propriétés de l'Amylomyces Rouxii 366
Levure chinoise 367
Mucor β. 372
II. Procédé Collette et Boidin, dit procédé amylo 374
a. Préparation et stérilisation du moût 375
Cuve-matière de Pampe. 376

b. Ensemencement et fermentation du moût 378
Cuves de fermentation 378
c. Contrôle chimique et bactériologique du travail 384
Avantages du procédé. 385

CHAPITRE VIII

DISTILLATION ET APPAREILS DISTILLATOIRES

I. Généralités 388
II. Principaux organes des appareils distillatoires les plus simples . . . 394
Chaudière, 394. — Chapiteau, 397. — Réfrigérant. 398
III. Appareils distillatoires les plus simples. 401
IV. Appareils distillatoires périodiques composés 404
Rectification et déflegmation, 404. — Bassin de Pistorius, 407. — Rectificateur à tubes recourbés de Perrier, 408. — Rectificateur à cloches, 408. — Appareils de Pistorius à chauffage à feu direct, 409. — Appareil de Pistorius à deux chaudières pour chauffage direct à la vapeur, 411. — Appareils demi-continus de Linke et Hentze, 413.
V. Appareils distillatoires continus 415
Appareils de Bohm, 415. — Appareil d'Ellenberger, 418. — Appareil de C. Heckmann, 419. — Eprouvette. 421
Appareils distillatoires français, 423. — Appareil Egrot avec chauffage à feu nu, 424. — Avec chauffage à la vapeur, 426. — Appareils Savalle, 428. — Régulateur automatique de vapeur, 429. — Eprouvette-jauge de D. Savalle, 431. — Système tubulaire de chauffage, 432. — Appareil pour le contrôle continu des vinasses, 436. — Appareil Champonnois, 437. — Appareil Collette, 439. — Appareil horizontal Sorel, 441. — Appareil à colonne inclinée de Guillaume, 443. — Appareil de E. Barbet, 443.
Batterie de pompes pour l'alimentation des appareils distillatoires. 444

CHAPITRE IX

PURIFICATION OU RAFFINAGE DE L'ALCOOL BRUT

I. Généralités (impuretés contenues dans l'alcool brut, leur origine) . . 446
II. La rectification et les appareils rectificateurs 451
Phénomènes qui se passent dans la rectification. 451
Rôle du condenseur. 455
Freinte 456
Pratique de la rectification 457
Rectificateur Savalle 457
Rectificateur Egrot. 462
Rectification continue 463
Rectificateur continu de E. Barbet. 464
Rectification continue directe sans distillation 467

Appareil de E. Barbet 469
Appareil de E. Guillaume. 469
Appareil de Strauch 470
II. Filtration de l'alcool brut sur le charbon 470
Qualités que doit présenter le charbon de bois destiné à la filtration, 470; son mode d'action, 470; emploi du charbon en morceaux, 472; filtres à charbon, 472; revivification du charbon, 474. — Emploi du charbon en poudre, d'après E. Barbet et R. et A. Colette, 475.
Raffinage de l'alcool brut, d'après le procédé Bang et Rufin 476

CHAPITRE X

RÉSIDUS DE LA DISTILLATION

I. Résidus de la distillation des matières amylacées 477
a. Résidus du travail par le malt 477
Composition des vinasses de pommes de terre et de grains. 479
Alimentation du bétail par les vinasses. 480
Malandres des vinasses. 481
Évaluation de la valeur des vinasses 482
Vinasse sèche 484
b. Résidus du travail par les acides 485
c. Résidus du travail par le procédé Collette et Boidin. 486
II. Résidus de la distillation des matières sucrées. 486
Résidus de la distillation des betteraves et des topinambours . . . 486
Pulpe de betteraves 486
Pulpe de topinambours. 488
Vinasses de betteraves 488
Vinasses de mélasses. 489
III. Résidus de la rectification de l'alcool brut 489

CHAPITRE XI

DES MÉTHODES ANALYTIQUES EN GÉNÉRAL ET DES ANALYSES DE CONTRÔLE EN PARTICULIER

A. Fabrication de l'alcool avec les matières amylacées. 490
I. Analyse du malt vert et du malt touraillé 490
Détermination de la teneur en eau. 491
Détermination du pouvoir saccharifiant et fluidifiant 491
II. Analyse des moûts sucrés. 496
Analyse qualitative. 496
Essai à l'aide de la solution d'iode. 496
Essai relatif à l'amidon non désagrégé et à l'état de division de la matière. 498
Analyse quantitative 498
Dosage de l'amidon non désagrégé. 498

Essai saccharométrique 499
Saccharomètre de Balling, 497 ; conversion des degrés saccharométriques en poids spécifiques, 503. — Appareil de Delbrück pour la filtration des moûts, 503.
Détermination de l'acidité 506
Détermination de la force diastasique 508
Dosage de la maltose et des dextrines 509
III. Analyse du moût-levain acidifié 517
Concentration, degré d'acidité, saccharification 517
Examen microscopique, odeur et saveur 519
IV. Analyse de la levure fermentée 520
V. Analyse du moût fermenté 521
a. Degré de fermentation 522
Fermentation apparente, 522 ; fermentation réelle, 523.
b. Dosage de l'acide 524
c. Dosage de l'alcool 525
d. Examen de l'énergie diastasique 526
e. Dosage de la maltose et des dextrines 527
f. Examen microscopique 530
VI. Analyse des produits de queue et de la vinasse 532
Produits de queue 532
Vinasse 533
Accidents du travail et son contrôle 536
1. Perturbations qui doivent être attribuées au malt ou à l'action du malt 537
2. Des défectuosités les plus fréquentes dans la préparation de la levure artificielle 552
3. Des défectuosités dans la conduite de la fermentation 555
Analyse de moûts fermentés 558
B. Fabrication de l'alcool avec les matières sucrées 561
I. Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les betteraves 561
Surveillance du jus, 561 ; surveillance de l'épuisement des cossettes et de la pulpe, 564 ; eaux de vidanges des diffuseurs, 566 ; surveillance de la fermentation, 566 ; contrôle de la distillation, 567.
Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les topinambours 568
II. Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les mélasses de betteraves. 568
C. Analyse de l'alcool brut 569
Aldéhyde, 569 ; acides et éthers, 570 ; alcools supérieurs, 571. — Diaphanomètre de Savalle, 572 ; permanganate de potassium, 573. — Furfurol, 573.

Table de la force réelle des liquides alcooliques 574

Table alphabétique 579

MANUEL
DE DISTILLERIE

CHAPITRE PREMIER

LES MATIÈRES PREMIÈRES, LEUR COMPOSITION ET LEURS PROPRIÉTÉS

[L'alcool est, comme on le sait, un des produits du dédoublement du sucre sous l'influence de certains ferments, et parmi les matières mises en œuvre par le distillateur pour la fabrication de ce produit, les unes renferment le sucre tout formé (betteraves, topinambours, mélasses), tandis que la combinaison chimique alcoolisable (la matière amylacée : fécule, amidon) des autres substances (pommes de terre, grains) doit, pour donner de l'alcool, être préalablement convertie en sucre.

Les matières premières de la distillerie agricole ou industrielle peuvent donc, d'après cela, être divisées en deux groupes : 1° les matières amylacées et 2° les matières sucrées.]

A. — MATIÈRES AMYLACÉES

1. Pommes de terre.

La *pomme de terre* constitue la matière première la plus importante pour les distilleries agricoles de l'Allemagne ; parmi les différents éléments de la pomme de terre, la fécule est, comme le montre l'analyse donnée ci-dessous, le plus important, non seulement pour le but particulier de la distillerie, mais encore au point de vue quantitatif, abstraction faite de l'eau.

De bonnes pommes de terre offrent en moyenne la composition suivante :

Eau	76,0	p. 100.
Substances azotées	2,1	—
Matière grasse	0,2	—
Fécule	18,7	—
Autres substances extractives non azotées	1,0	—
Ligneux	0,8	—
Cendres	1,2	—

Les grandes cellules à minces parois de la chaire de la pomme de terre contiennent le suc, liquide aqueux, où se trouve de l'albumine, de la gomme et différents sels. On rencontre, en outre, déposées dans les cellules, de grandes quantités de grains de la matière amylacée ou fécule. La forme de la fécule de pomme de terre, qui est représentée par la figure 1, peut être facilement reconnue à l'aide

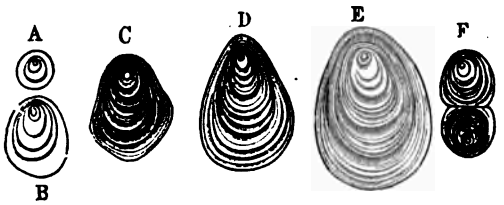


Fig. 1. — Grains de fécule de pomme de terre.

du microscope, parce que les grains qui la composent sont ovales, à section transversale circulaire et à contours un peu irréguliers. Le noyau ne se trouve pas dans le milieu, mais près de l'extrémité du grain la plus petite. Les couches également excentriques sont nombreuses, et la plupart nettement distinctes. Dans la figure 1, A représente, à un grossissement de 300 fois, un grain jeune, non développé ; B,C,D et E sont des grains développés, F un grain composé.

La teneur en amidon varie avec les très nombreuses sortes de pommes de terre ; en outre, la nature du sol, les fumures, les conditions climatériques qui règnent pendant le processus de la végétation et d'autres circonstances exercent une très grande influence aussi bien sur la teneur en fécule que sur les propriétés de celle-ci. Des pommes de terre de qualité moyenne renferment 18 à 20 p. 100 de fécule ; dans de mauvaises terres et sous un climat défavorable, la teneur en fécule peut descendre jusqu'à 12 à 14 p. 100, tandis que,

d'un autre côté, on peut, dans des conditions favorables, rencontrer des pommes de terre avec 25 à 26 p. 100 de fécule et même plus.

Dans un sol compact, on récoltera, surtout dans les années humides, une pomme de terre pauvre en fécule, tandis que, dans un sol argileux, humide et profond, on obtiendra les tubercules les plus riches.

Il est évident que les différentes variétés de pommes de terre ne conviennent pas toutes indistinctement pour tous les sols et tous les modes de culture. L'agronome devra donc se livrer à des essais de culture avec les différentes pommes de terre, surtout avec les espèces nouvelles, afin de savoir quelles sont celles qui conviennent pour les différents terrains dont il dispose et les conditions climatériques de la contrée, ce qui lui permettra de faire un choix judicieux. Car il ne faut pas oublier que les sortes de pommes de terre anciennes et cultivées déjà depuis un certain nombre d'années deviennent plus tôt malades, et surtout après un été humide, non seulement la récolte est très réduite par le champignon de la pomme de terre, mais encore les tubercules atteints par ce dernier n'ont qu'une faible teneur en fécule. La meilleure pomme de terre pour la distillerie est celle qui fournit par hectare le rendement le plus élevé en fécule ou en alcool. Ce sera aussi la sorte qui, dans les années humides, défavorables, où les prix des pommes de terre et de l'alcool sont le plus élevés, donnera les meilleurs rendements.

Détermination de la teneur en fécule. — La détermination de la teneur en fécule des pommes de terre est importante non seulement pour le distillateur, mais encore pour l'agronome et le fabricant d'amidon ; nous devons donc décrire avec quelques détails les méthodes employées pour cette détermination.

Le plus simple serait de doser la fécule directement, en transformant les pommes de terre en une pulpe fine et lavant celle-ci sur un tamis, sous un courant d'eau. Mais, de cette façon, même en procédant avec le plus grand soin, on n'obtiendrait pas toute la fécule ; aussi, ce moyen ne doit-il pas être recommandé. Les deux modes de dosage de la fécule des pommes de terre, qui actuellement sont les plus usités, reposent sur une détermination *directe* ou *indirecte* du poids spécifique des tubercules.

Nous devons d'abord faire ici les remarques suivantes : Comme les éléments solides des pommes de terre (la substance sèche) ont un poids spécifique plus élevé que celui de l'eau, la teneur des pommes de terre en substance sèche est en général d'autant plus grande que les tubercules offrent un poids spécifique plus élevé. Comme maintenant la fécule forme la majeure partie de la substance sèche, un poids spécifique plus élevé des pommes de terre correspond aussi, en général, à une teneur plus grande en fécule.

Cependant on ne doit pas s'exagérer l'exactitude et la convenance de cette méthode de détermination de la fécule d'après le poids spécifique, comme le montre l'observation suivante : Le poids spécifique est bien à peu près en rapport direct avec la substance sèche, mais non avec la teneur en fécule des pommes de terre. On peut rencontrer dans la teneur en substance sèche des variations de $\pm$ 0,5 à $\pm$ 1 p. 100 avec des poids spécifiques égaux, variations qui sont dues surtout à des lacunes remplies d'air dans la chair des pommes de terre.

En outre, dans la substance sèche des pommes de terre, le rapport entre la fécule et la matière non féculente varie suivant la culture, le sol, la fumure, etc., et de telle façon qu'avec un même poids spécifique et une même teneur en substance sèche la teneur en fécule peut être différente. Les erreurs dans la détermination de la fécule d'après le poids spécifique peuvent s'élever à 1 à 2 p. 100 en plus ou en moins.

Dans la *méthode de détermination indirecte*, le poids spécifique d'un liquide est rendu égal à celui des pommes de terre et ensuite déterminé à l'aide d'un aéromètre (saccharomètre, etc.). Cette méthode, dite *essai au sel* (*Salzprobe*), est appliquée de la manière suivante : On se sert d'une solution de sel marin, dont la concentration est réglée, par addition d'eau ou de sel, de façon que des pommes de terre employées pour la détermination (échantillon moyen de 20 à 30 tubercules) flotte à la surface de la solution, tandis que l'autre moitié reste au fond du vase, aussi grand que possible, dans lequel l'opération est effectuée.

Avec un saccharomètre, on détermine le poids spécifique de la solution salée et à l'aide de la table suivante on trouve le poids spécifique ou la teneur pour cent en amidon correspondant au degré lu sur le saccharomètre :

Table de KROCKER *pour l'essai au sel.*

DEGRÉS du saccharomètre.	POIDS spécifiques.	TENEUR en fécule p. 100.	TENEUR en matière sèche p. 100.	DEGRÉS du saccharomètre.	POIDS spécifiques.	TENEUR en fécule p. 100.	TENEUR en substance sèche p. 100.
17	1,070	11,5	17,1	25	1,106	19,4	25,2
17,5	1,072	11,9	17,7	25,5	1,108	19,9	25,7
18	1,074	12,5	18,3	26	1,110	20,3	26,1
18	1,077	13,1	18,9	26,5	1,113	20,9	26,7
19	1,079	13,7	19,5	27	1,115	21,4	27,2
19,5	1,081	14,1	19,9	27,5	1,118	22	27,8
20	1,083	14,5	20,3	28	1,120	22,5	28,3
20,5	1,085	14,9	20,7	28,5	1,122	22,9	28,7
21	1,088	15,6	21,4	29	1,125	23,5	29,3
21,5	1,090	16	21,8	29,5	1,127	24	29,8
22	1,092	16,4	22,2	30	1,129	24,4	30,2
22,5	1,094	16,9	22,7	31	1,134	25,5	31,3
23	1,097	17,5	23,3	32	1,139	26,5	32,3
23,5	1,099	17,9	23,7	33	1,144	27,6	33,4
24	1,101	18,4	24,2	34	1,149	28,7	34,5
24,5	1,103	18,8	24,6	35	1,150	28,9	34,7

Lorsque cet essai n'est pas effectué avec un soin particulier et en employant un échantillon moyen de pommes de terre aussi grand que possible, il ne donne pas de résultats satisfaisants, et c'est pour cela qu'il vaut mieux se servir de la méthode *directe*, que nous allons décrire.

On détermine le poids spécifique d'un corps — le nombre qui indique combien de fois un corps est plus lourd ou plus léger qu'un égal volume d'eau — en divisant le poids absolu de ce corps par le poids du volume d'eau qu'il déplace.

Le poids spécifique peut donc être exprimé par la formule $d = \frac{p}{v}$, dans laquelle d est le poids spécifique, p le poids absolu et v le volume d'eau déplacé.

La méthode la plus fréquemment employée dans la pratique repose sur la détermination du volume des pommes de terre par pesée sous l'eau. D'après le principe d'Archimède, tout corps pesé dans l'eau perd de son poids une quantité égale au volume d'eau qu'il déplace. Comme, d'après le système métrique, 1 cm^3 d'eau = 1 gr., la perte de poids en grammes qu'éprouve sous

l'eau un poids déterminé d'un corps fait connaître directement son volume en centimètres cubes.

Pour effectuer la détermination du poids spécifique, on se servira de préférence de la balance hydrostatique de Reimann, qui jusqu'à présent est la plus répandue. C'est une balance décimale. On peut se

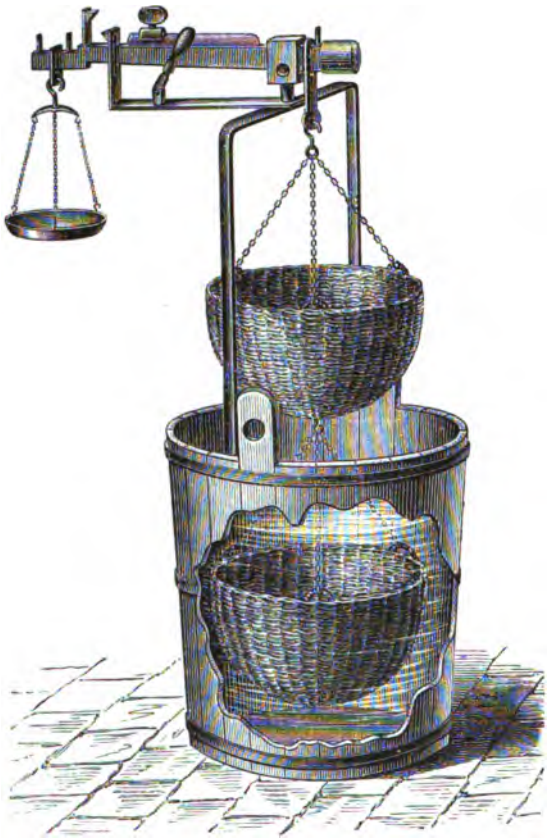


Fig. 2. — Balance à pomme de terre de Reimann.

la procurer, par exemple, à l'Institut technique de distillerie de Weihenstephan, où l'on trouve aussi tous les autres appareils de contrôle nécessaires pour la distillerie, avec toute garantie d'exactitude.

Le bras le plus court du fléau de la balance de Reimann (fig. 2) porte deux paniers en toile métallique suspendus l'un au-dessus de l'autre et dont l'inférieur plonge dans le vase rempli d'eau. On pèse exactement dans le panier supérieur 5 kg. de pommes de

terre et ensuite on les transporte dans le panier inférieur plongeant dans l'eau. Dans ce liquide, les tubercules perdent de leur poids une quantité égale à l'eau qu'ils déplacent. Si maintenant on a déterminé le poids sous l'eau de 5 kg. de pommes de terre, on trouve dans la table suivante les poids spécifiques, correspondant aux différents poids sous l'eau, ainsi que la teneur en substance sèche et en fécule :

Détermination de la teneur en fécule des pommes de terre d'après le poids spécifique (BEHREND, MAERKER et MORGEN).

POIDS sous l'eau de 5 kg. de pommes de terre. (Grammes.)	POIDS spécifique.	TENEUR en substance sèche p. 100.	TENEUR en fécule p. 100.	POIDS sous l'eau de 5 kg. de pommes de terre. (Grammes.)	POIDS spécifique.	TENEUR en substance sèche p. 100.	TENEUR en fécule p. 100.
375	1,080	19,7	13,9	535	1,120	28,3	22,5
380	1,081	19,9	14,1	540	1,121	28,5	22,7
385	1,083	20.3	14,5	545	1,123	28.9	23,1
390	1,084	20,5	14,7	550	1,124	29,1	23,3
395	1,086	20,9	15,1	555	1,125	29,3	23,5
400	1,087	21,2	15,4	560	1,126	29.5	23,7
405	1,088	21,4	15.6	565	1,127	29,8	24
410	1,089	21,6	15,8	570	1,129	30.2	24,4
415	1,091	22	16,2	575	1,130	30,4	24,6
420	1,092	22,2	16,4	580	1,131	30,6	24,8
425	1,093	22.4	16,6	585	1,132	30,8	25
430	1,094	22,7	16.9	590	1,134	31,3	25,5
435	1,095	22,9	17,1	595	1,135	31,5	25,7
440	1,097	23,3	17,5	600	1,136	31,7	25,9
445	1,098	23,5	17,7	605	1,138	32,1	26,3
450	1,099	23,7	17,9	610	1,139	32,3	26,5
455	1,100	24	18,2	615	1,140	32,5	26 7
460	1,101	24,2	18,4	620	1,142	33	27,2
465	1,102	24,4	18,6	625	1,143	33,2	27,4
470	1,104	24,8	19	630	1,144	33,4	27,6
475	1,105	25	19,2	635	1.146	33,8	28
480	1,106	25,2	19,4	640	1,147	34,1	28,3
485	1,107	25,5	19,7	645	1,148	34,3	28,5
490	1,109	25,9	20,1	650	1.149	34,5	28,7
495	1,110	26.1	20,3	655	1,151	34,9	29,1
500	1,111	26,3	20,5	660	1,152	35.1	29,3
505	1,112	26,5	20,7	665	1,153	35.4	29,6
510	1,113	26,7	20,9	670	1,155	35,8	30
515	1,114	26,9	21,1	675	1,156	36	30,2
520	1,115	27,2	21,4	680	1,157	36,2	30,4
525	1,117	27,4	21,6	685	1,159	36,4	30,6
530	1,119	28	22,2				

Nous allons montrer par un exemple comment on peut déduire

le poids spécifique des pommes de terre des poids trouvés en pesant les tubercules d'abord au-dessus de l'eau et ensuite sous ce liquide.

5 kg. (= 5 000 gr.) de pommes de terre pesés dans l'air ne pèsent plus sous l'eau que 530 gr. Elles ont par conséquent perdu en poids 5 000 gr. moins 530 = 4 470 gr. Ces 4 470 gr., qui correspondent à autant de centimètres cubes, représentent le volume v. D'après les formules $d = \frac{p}{v}$ ou $d = \frac{5\,000}{4\,470}$, nous trouvons un poids spécifique de 1,119. Si nous nous reportons dans la table précédente au nombre 530, nous trouvons effectivement vis-à-vis ce nombre un poids spécifique de 1,119, auquel correspond une teneur en substance sèche de 28 p. 100 et une teneur en fécule de 22,2 p. 100.

De la teneur en substance sèche des pommes de terre, on passe à leur teneur en fécule en retranchant de la première (indiquée pour cent) 5,752. De nombreuses séries de recherches ont en effet montré que la différence de ces deux valeurs est représentée par un nombre *à peu près* constant : 5,752.

L'emploi de la balance de Reimann pour le dosage de la fécule exige l'observation des précautions suivantes :

Les pommes de terre doivent d'abord être soigneusement débarrassées du sable, des graviers et autres matières étrangères qui y adhèrent, après quoi elles sont lavées et séchées. Avant de commencer la pesée, il faut examiner si la balance est bien juste ; s'il n'en est pas ainsi, on y remédie en plaçant convenablement le curseur. Si c'est possible, on se servira pour le remplissage de la cuve d'une eau pure, par exemple d'eau de condensation ou de pluie, et on s'habituera à toujours prendre l'eau à la température de 17°,5. Comme lors de la pesée au-dessus et sous l'eau, le panier doit plonger à la même profondeur, il est convenable de maintenir la cuve toujours complètement pleine d'eau. On arrive à une mise au point exacte, lors de la pesée, en retranchant quelques petits morceaux de pommes de terre. Les tubercules atteints de pourriture humide, de pourriture sèche ou en général les tubercules malades ne doivent pas être employés pour cette pesée, si l'on ne veut pas obtenir des valeurs numériques tout à fait fausses. Dans les mauvaises années de pommes de terre, la prise d'échantillons non

choisis met par suite fréquemment dans l'embarras. Si l'on admet à la pesée des pommes de terre malades, pourries et non mûres, on obtient un résultat incertain ; dans ce cas, il arrive fréquemment que la teneur en fécule trouvée est de 2 p. 100 trop faible. Si on exclut de la détermination les tubercules malades, on n'a plus d'échantillon moyen.

Le prélèvement de l'échantillon des pommes de terre doit être effectué avec le plus grand soin ; employer pour la pesée moins de 5 kg. augmente les chances d'erreurs déjà très grandes. Ce serait une faute si, lors de la pesée sous l'eau, on maintenait sous ce liquide les pommes de terre venant à flotter à la surface en les couvrant avec d'autres tubercules. Pour déterminer la teneur en fécule de pommes de terre gelées encore dures, le mieux est de faire dégeler dans de l'eau tiède un échantillon des tubercules d'un peu plus de 1 kg., en renouvelant l'eau plusieurs fois, afin d'éliminer la terre adhérant aux pommes de terre. Après avoir laissé un peu égoutter celles-ci, on en pèse 5 kg. et ensuite on détermine le poids sous l'eau. Du résultat obtenu — teneur en fécule pour cent — on retranche 1 p. 100, comme erreur d'expérience.

L'exactitude de la détermination de la fécule à l'aide de ce procédé, même avec des pommes de terre normales et saines, est encore fréquemment exagérée par les distillateurs. On a assez souvent remarqué que les indications recueillies sont trop faibles. Avec des pommes de terre non mûres, l'observation contraire n'est pas rare.

[On peut aussi se rendre compte de la teneur en fécule des pommes de terre en procédant d'après la méthode suivante [1], qui offre en même temps l'avantage de fournir des indications sur le rendement alcoolique que peuvent donner les tubercules.

Dans un ballon muni d'un tube condenseur, on cuit 200 gr. de pommes de terre avec 600 cm^3 d'eau additionnés de 10 cm^3 d'acide chlorhydrique à 1,2 de densité. On chauffe pendant dix heures, afin de saccharifier la fécule et après refroidissement on amène le volume à 1 litre. On verse le liquide dans un ballon à tube de sûreté contenant du mercure et on agite. On neutralise

[1] L. Lévy, *Comptes rendus du deuxième Congrès international de Chimie appliquée*, t. 1, p. 595, Paris, 1897.

ensuite, de manière à laisser une acidité de 1 gr. par litre [1], puis on ajoute de la levure pressée et un peu d'huile et on porte dans une étuve chauffée à 25°.

La fermentation étant terminée, on procède à la distillation dans l'un des appareils employés pour le dosage de l'alcool dans les moûts fermentés (voy. Chap. XI) ; on recueille, par exemple, 400 cm³ de distillatum, et si dans ce liquide l'alcoomètre marque $n°$, il y a $4 \times n$ d'alcool pour les 200 gr. de pommes de terre, soit $2 \times n$ p. 100. Comme dans la pratique on admet que 100 d'amidon donnent 63 litres d'alcool, 2 n d'alcool représentent $\frac{100}{63} \times 2\ n$ d'amidon ; il y a donc 3,17 n p. 100 d'amidon. La méthode serait plus rapide, si l'on opérait la cuisson des pommes de terre et la saccharification de la fécule dans un autoclave, et elle serait alors tout à fait comparable au procédé industriel de saccharification par les acides sous pression.]

Relativement à la teneur des pommes de terre en *substances extractives non azotées*, fécule, sucre, dextrine, auxquelles on donne aussi le nom d'*hydrates de carbone*, les indications suivantes sont importantes à connaître :

	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Teneur en hydrates de carbone calculés à l'état de fécule	24,55	15,06	19,80
Dont :			
Fécule	24,26	15,53	19,39
Sucre.	1,08	0,07	0,57
Dextrine.	0,27	0,04	0,16

Dans les années anormales, la teneur des pommes de terre en sucre directement fermentescible augmente souvent beaucoup, de sorte que lors de la cuisson, c'est-à-dire de l'évacuation de l'eau de végétation du tubercule, il ne faut pas l'oublier, afin d'éviter des pertes.

Les éléments azotés des pommes de terre, dont la proportion

[1] [Il est facile de calculer la quantité de soude titrée nécessaire pour la neutralisation. En effet, la densité (1,2) de l'acide chlorhydrique employé correspond à une richesse de 48 p. 100, ce qui fait pour les 10 cm³ avec lesquels l'eau a été acidifiée 4,8 gr. H Cl, lesquels correspondent à $\frac{4,8 \times 98}{73} = 6,53$ gr. d'acide sulfurique pour un litre. Si l'on veut neutraliser de manière à ne garder que 1 gr. d'acide par litre, il faudra ajouter aux 1 000 cm³ une quantité de soude équivalente à 5,53 gr. H^2SO^4.]

s'élève à 2 p. 100 en moyenne, se composent à peu près pour moitié de corps albuminoïdes ; l'autre moitié est formée de produits de décomposition de ces derniers corps, que l'on désigne sous le nom d'amides. Ces amides, comme, par exemple, la leucine, la tyrosine, l'asparagine, sont d'abord d'excellents aliments pour les cellules de la levure, ensuite dans certaines circonstances ils peuvent aussi seconder le pouvoir saccharigène du malt. Les pommes de terre non mûres, ou qui ont été fumées avec des engrais fortement azotés, contiennent fréquemment des quantités d'amides si grandes que la levure est alors nourrie surabondamment, et par cela même disposée à donner lieu à la fermentation mousseuse toujours ennuyeuse.

Dans les pommes de terre qui poussent à l'état sauvage, se trouve la *solanine*, corps vénéneux, dont la proportion peut s'élever jusqu'à 0,3 p. 100. Dans les pommes de terre cultivées, la teneur en solanine est réduite à 0,03 p. 100 environ, par conséquent à peu près au dixième, mais elle augmente lors de la germination des pommes de terre. Comme la solanine se rencontre surtout dans les pousses de la plante, mais non dans les tubercules eux-mêmes, il n'y a aucun danger à employer de pareilles pommes de terre dans les distilleries et la vinasse pour l'alimentation du bétail.

Le suc de la pomme de terre a toujours une réaction acide, il rougit le papier de tournesol bleu ; parmi les acides végétaux, la pomme de terre contient les acides oxalique, malique et citrique. Dans maintes campagnes, surtout si le temps n'a pas été favorable pour la végétation et la maturation, la teneur en acides des pommes de terre s'élève souvent dans de très grandes proportions et dans le moût sucré obtenu à l'aide de malt avec ces tubercules on trouve fréquemment à l'acidimètre 0,6 à 0,75 degré. En pareils cas, le distillateur doit prendre des précautions toutes particulières ; il doit, par exemple, mélanger ces pommes de terre avec une autre sorte saine, employer des agents de désinfection, etc.

On sait que les pommes de terre qui gèlent lentement deviennent sucrées ; ce phénomène est dû à ce qu'à une basse température le processus d'oxydation (de respiration), c'est-à-dire la conversion du sucre en acide carbonique s'arrête. La formation de sucre sous l'influence de la diastase, qui est moins entravée par

une basse température que la conversion du sucre en acide carbonique (sa combustion), donne lieu à une accumulation du sucre dans les tubercules, et est ainsi la cause de leur saveur sucrée. — Par l'élévation de la température, avec le sucre disparaît aussi le goût sucré des pommes de terre.

La pomme de terre est sujette à une série de maladies ; relativement à l'emploi de ce tubercule en distillerie, la *pourriture humide* doit tout d'abord attirer l'attention. Ce sont surtout les tubercules attaqués par le champignon de la maladie spécifique des pommes de terre, le *Phytophtora infestans*, qui subissent la pourriture humide. Lorsque les pommes de terres sont conservées dans un endroit sec, la pourriture humide se transforme en la pourriture sèche. Alors, les tubercules se ratatinent et durcissent. La fécule est, il est vrai, de ce fait peu ou même pas du tout attaquée. Mais, par suite de cela, la désagrégation des pommes de terre présente généralement de très grandes difficultés, et on ne peut l'obtenir complète qu'à l'aide d'appareils de broyage particuliers, comme le moulin de Bohm ou le tambour d'Ellenberger.

Le mode de conservation des pommes de terre, que ce soit en meules ou en caves, est pour la distillerie d'une très grande importance, parce que fréquemment l'omission de certaines précautions peut être la cause de grandes pertes en matière utile.

Pour éviter un pareil dommage, il ne faut pas oublier qu'après la récolte, les pommes de terre continuent à mûrir, ce qui donne lieu à un dégagement de chaleur. Il faut donc, surtout au début, prendre les dispositions nécessaires pour éliminer cette chaleur. L'observation des conditions d'humidité et de chaleur dans les meules et les caves joue toujours un grand rôle. On constate les échauffements qui viennent à se produire à l'aide d'un thermomètre spécial. Dans les parties des tas où la température s'élève, il s'évapore de l'humidité, qui se condense ensuite dans des points plus froids. Une occasion facile est ainsi donnée au développement de la pourriture. Les pommes de terres ne doivent donc pas d'abord être amoncelées dans la cave en tas élevés et il faut s'abstenir de munir les meules d'une couverture épaisse aussitôt après leur achèvement. Lorsqu'on suppose que les pommes de terre ne doivent pas bien se conserver, il est très important de mettre les tubercules

en couches aussi peu épaisses que possible dans les caves et les meules, et cela après avoir rejeté les pommes de terre reconnues malades. Afin de mettre à l'abri de l'humidité et de la chaleur les pommes de terre en meules, on projette entre les tubercules autant de terre que l'on peut. Pour faciliter le séchage et obtenir une meilleure aération, on recommande notamment d'établir sur le sol, dans toute la longueur de la meule, une rangée de drains ouverte aux deux extrémités. Par les temps froids, on bouche les ouvertures des drains, comme aussi on doit préserver les pommes de terre contre la gelée à l'aide de moyens appropriés.

Il ne faut pas oublier que le procédé de conservation en meules est encore fréquemment appliqué d'une manière tout à fait défectueuse et qu'il entraîne de grandes pertes de matière, pertes qui, avec un peu d'attention et une certaine surveillance des meules, pourraient être évitées.

2. Orge.

A l'état malté, l'*orge* trouve emploi presque exclusivement pour la formation du sucre dans les moûts. A l'état brut, elle est souvent traitée pour alcool, notamment lorsque, ayant subi quelque avarie, elle ne convient plus pour d'autres usages.

L'orge offre la composition moyenne suivante :

Eau	13,77 p. 100
Substances azotées	11,14 —
Substances non azotées	64,93 —
Matière grasse	2,16 —
Cellulose	5,31 —
Cendres	2,69 —

Les substances extractives non azotées de l'orge renferment, outre l'amidon, 1,6 p. 100 de sucre et 1,7 p. 100 de dextrine.

[Pour déterminer la teneur en fécule de l'orge (comme des autres grains), on peut employer la méthode indiquée précédemment (p. 9) pour les pommes de terre. Dans ce cas, on prend 50 gr. d'orge réduite en farine, que l'on cuit et saccharifie en les chauffant pendant dix heures à 90° avec 450 cm^3 d'eau et 7 cm^3 et demi d'acide chlorhydrique, et l'on procède ensuite comme avec les pommes de terre.]

Dans l'appréciation de la qualité de l'orge destinée à la préparation du malt, l'opinion et les exigences du brasseur et celles du distillateur sont très différentes. On exige en première ligne d'une bonne *orge de brasserie* un *rendement en extrait* aussi élevé que possible et, de son côté, celui-ci suppose une *teneur en amidon élevée*. Mais comme, en général, avec la teneur de l'orge en amidon le poids de l'hectolitre du grain augmente aussi, le brasseur obtient donc plus d'extrait avec des orges lourdes et moyennement lourdes et il les préférera toujours aux orges légères.

Au contraire dans les *distilleries*, où l'orge ne représente pas la matière première principale de la fabrication du moût, comme cela a lieu dans les brasseries, mais où seulement quelques unités pour cent du malt doivent produire la saccharification de l'amidon contenu dans les matières servant à préparer le moût, ce n'est pas le rendement en extrait qui joue le principal rôle, mais le *pouvoir saccharigène* existant dans une orge après le maltage.

Une bonne orge pour la production du malt de distillerie n'a donc pas besoin d'être extraordinairement riche en amidon, par conséquent particulièrement pesante. Au contraire, des orges légères, pesant moins de 63 kg. à l'hectolitre, donnent des malts avec un pouvoir saccharigène tout aussi bon que ceux qui sont fournis par des orges lourdes. Mais comme les orges légères sont moins chères que ces dernières, l'emploi d'orges légères et très légères pour la préparation du malt de distillerie est par cela même indiqué, mais toujours en admettant que le pouvoir germinatif soit irréprochable.

Les orges distiques à gros grains conviennent donc moins pour la distillerie que les orges à quatre et à six rangs. L'orge d'hiver donne aussi un bon malt avec un pouvoir saccharigène énergique.

Lors de la détermination du poids de l'hectolitre de l'orge à l'aide des balances construites dans ce but, il peut se produire des erreurs résultant de ce que des orges riches en amidon, mais ventrues, offrent un poids volumétrique moins élevé que des orges plates ; les premières se tassent moins facilement que les dernières.

Le poids de l'hectolitre s'élève pour les orges :

Lourdes, à.	68-72 kg. (très rarement 73 kg.)
Moyennes, à.	61-67 —
Légères, à.	63 et moins.

Le *pouvoir germinatif* offre une très grande importance pour la détermination de la valeur de l'orge destinée à la fabrication du malt. Mieux une orge germe, plus est grand le pouvoir saccharigène du malt préparé avec cette orge, ou, en d'autres termes, plus est grande la *teneur en diastase* de ce malt. Car la substance qui se forme dans le malt pendant la préparation de ce produit, et qui a la double propriété de dissoudre l'amidon et de le convertir en sucre (sucre de malt, maltose), a été désignée sous le nom de *diastase* ou *amylase*.

En outre, il ne faut pas oublier que tous les grains d'orge qui ne germent pas non seulement diminuent directement le pouvoir saccharigène du malt, mais encore sont une cause indirecte de dommages. En effet, les grains qui ne germent pas commencent à moisir sur l'aire du germoir, même à s'altérer, et les mucédinées ennemies de la fermentation se développent également sur un grand nombre d'autres grains de malt.

La *détermination du pouvoir germinatif* offre donc une très grande importance et elle est en même temps d'une exécution assez simple pour pouvoir être pratiquée dans toute distillerie. On compte 200 à 500 grains d'orge, on les laisse ramollir dans l'eau pendant vingt-quatre heures et on les place entre des feuilles de papier à filtrer maintenues humides ou entre les plis d'une serviette également maintenue humide. Au moyen d'un arrosage avec de l'eau, répété de temps en temps, on fait en sorte que les grains ne sèchent pas et que, par suite, il n'y ait aucune interruption dans la germination, et en comptant les grains germés on détermine le pouvoir germinatif. L'expérience est effectuée à la température de l'appartement et le résultat obtenu est exprimé en unités pour cent. Si on a mis à germer, par exemple, 500 grains et si à la fin de l'expérience 25 grains étaient restés sans produire de germes, si par conséquent 475 avaient germé, cela correspond à un pouvoir germinatif de 95 p. 100. Les grains qui sont dépourvus de pouvoir germinatif sont déjà faciles à reconnaître après le ramollissement à leur couleur foncée.

Parmi les appareils à germination, dont il existe un très grand nombre, nous recommanderons celui de Steiner comme peu coûteux, commode et tout à fait convenable. Il se compose d'une

assiette en grès avec glaçure blanche, sur laquelle est étendue une couche de sable. Sur cette dernière est placée une plaque d'argile cuite, dont la face supérieure est pourvue de 100 excavations, destinées à recevoir 100 grains de l'orge à essayer. Le tout est recouvert d'une cloche en grès, dans laquelle arrive par en bas un courant d'air frais, qui après avoir servi sort par une ouverture supérieure. Le renouvellement de l'air dans la chambre germinatrice est ainsi assuré.

Les 100 grains d'orge sont d'abord ramollis, et lorsqu'ils le sont suffisamment, on les étend sur la plaque d'argile; celle-ci, de même que la couche de sable sous-jacente, doit avoir été préalablement mouillée. Il est important de maintenir humide aussi uniformément que possible la couche de sable pendant toute la durée de l'expérience.

Fig. 3. — Appareil à germination.

L'*appareil à germination rapide*, imaginé par Schönjahn, qui est représenté par la figure 3, se compose d'un vase en verre muni aux deux tiers de sa hauteur d'un étranglement formant intérieurement une saillie, d'une plaque en porcelaine avec 100 trous pour recevoir les grains et enfin d'un couvercle en feutre avec thermomètre. Pour se servir de cet appareil, on le remplit avec de l'eau froide jusqu'aux trois quarts de la hauteur de l'espace qui se trouve au-dessous de la saillie intérieure; on prend ensuite la plaque de porcelaine qui est percée de 100 trous, et dans chaque trou, on place un grain de l'orge à essayer, l'extrémité contenant le rudiment du germe étant tournée par en bas. Ensuite, on couvre les grains avec une couche de sable fin et sec, jusqu'à la hauteur du bouton de la plaque de porcelaine. Celle-ci est ensuite placée dans le vase de verre et le sable qui la couvre est mouillé fortement avec de l'eau. Enfin, on ferme le vase avec le couvercle en feutre et l'on abandonne l'appareil à lui-même, à la température ordinaire, dans un local à l'abri des courants d'air.

Maintenant l'appareil fonctionne sans qu'on ait besoin de s'en occuper. Lorsqu'on veut observer le résultat de l'expérience, il

suffit de retirer la plaque de porcelaine. Pour suivre le développement de la *plumule*, on enlève simplement le couvercle de feutre, lorsque les radicelles sont poussées.

Les chiffres limites pour le pouvoir germinatif sont pour :

Les bonnes orges	96 à 100 p. 100
Les orges moyennes.	90 à 95 —
Les orges mauvaises.	90 p. 100 et au-dessous.

Les orges ou en général les céréales d'un faible pouvoir germinatif doivent être maltées avec un soin particulier. Nous donnons plus loin, dans le chapitre relatif à la préparation du malt, les indications nécessaires pour cela. Lorsqu'il y a une très grande importance à économiser l'orge ou le malt, on ne peut plus employer une orge avec un pouvoir germinatif moyen.

De l'*orge fraîchement récoltée*, qui doit être maltée immédiatement après le battage, il ne germe ordinairement que 50 à 60 p. 100, ce qui au début de la campagne ne manque pas d'occasionner çà et là de très grandes perturbations et de très grandes pertes. On devrait généralement savoir que l'orge ne possède pas un pouvoir germinatif satisfaisant avant quatre semaines, lorsqu'elle a uniformément séché, *ressué*. On peut hâter ce ressuage par un léger chauffage de l'orge sur l'aire du germoir, en aérant en même temps ce dernier, et de cette façon rendre l'orge propre à être mise en œuvre beaucoup plus tôt ; on peut, par exemple, obtenir la maturité complète du grain dans l'espace de huit jours, si on l'expose à une température de 35 à 40°.

Les résultats des essais de germination effectués avant la maturation complémentaire (ressuage) de l'orge sont sans valeur pour l'appréciation du grain ; ils peuvent tout au plus servir à la détermination du moment exact où le maltage peut être commencé.

Les autres céréales, surtout la plupart des sortes de froment, se comportent tout à fait comme l'orge. Tandis que le froment et le seigle mûris normalement germent déjà en trois jours à 95 à 100 p. 100, dans les essais de germination effectués en automne avec des grains fraîchement récoltés on n'obtient ordinairement que 10 à 30 petites plantes et souvent même il faut attendre plus de six semaines avant que tous les grains viables soient germés.

Ces grains à germination anormale se distinguent par une teneur en eau élevée; ils sont froids et humides au toucher, et suivant l'expression usitée ils doivent d'abord suer, afin de perdre leur eau. Cette perte en eau a pour conséquence une augmentation du poids volumétrique et du pouvoir germinatif.

Mais ce serait une erreur de croire que la maturation complémentaire consiste uniquement en une perte d'eau ; car si l'évaporation est complètement empêchée, par exemple lors de la conservation des grains dans des flacons en verre bien bouchés, il se produit également un accroissement du pouvoir germinatif. Il se passe donc à l'intérieur du grain, pendant sa maturation complémentaire, des processus qui offrent une grande importance pour la germination. Ainsi, on a trouvé, par exemple, que pendant la maturation complémentaire du froment l'augmentation de la teneur du grain en diastase n'est pas seulement très notable, mais encore que la composition chimique de cette diastase se modifiait, celle-ci devenant beaucoup plus riche en azote. Le pouvoir germinatif des grains n'est donc amoindri par la teneur élevée en eau que parce que celle-ci entrave la formation de la diastase.

En outre, on a fait cette intéressante observation que du froment récolté en France germait complètement dans l'espace de deux à cinq jours, et qu'un froment d'Algérie avait même besoin pour cela de moins de temps encore. Au contraire, pour les mêmes sortes retirées d'Angleterre, il fallait trois à quatre semaines. D'après cela, tous les froments provenant d'un climat marin seraient plus ou moins humides et auraient besoin pour arriver à maturité complète d'un séchage artificiel.

Le pouvoir germinatif de l'orge emmagasinée dans de mauvaises conditions est déjà par lui-même faible et il finit par disparaître rapidement. Celui d'une bonne orge, récoltée saine, n'éprouve au contraire aucun dommage, même si le grain est conservé pendant longtemps, ou l'amoindrissement du pouvoir en question n'est que peu important.

L'*uniformité de grosseur des grains* est, on le comprend aisément, d'une grande importance pour que les grains puissent, lors du mouillage, arriver en même temps au même degré de gonflement. Dans un grand nombre de distilleries, ce point attire beau-

coup trop peu l'attention ; il en résulte un développement inégal des grains sur l'aire du germoir, ce qui entraîne des pertes. En effet, les grains d'orge gros et pesants n'ont pas encore atteint le degré de gonflement convenable, alors que les grains légers traités en même temps ont peut-être déjà absorbé trop d'eau. Les premiers, les grains lourds, ne se développent pas du tout sur l'aire du germoir ou d'une manière défectueuse, et la végétation des derniers va peut-être trop loin. Le travail du malteur est donc rendu difficile, et en outre le malt obtenu offre toujours un pouvoir saccharigène moindre. En pareil cas, il est convenable de trier l'orge à l'aide de machines spéciales, et de traiter *séparément* les différentes grosseurs.

La *finesse du tégument externe de l'orge* et l'*aspect farineux ou vitreux de l'intérieur du grain* sont loin d'avoir, pour l'emploi de l'orge destinée à la préparation du malt de distillerie, une importance aussi grande que pour la brasserie. La finesse du tégument externe n'est pas du reste une propriété particulière à certaines espèces ; elle semble plutôt être le résultat d'influences climatériques. Relativement à l'aspect de l'intérieur du grain, on distingue l'orge *farineuse*, l'orge *demi-farineuse* et l'orge *vitreuse*, suivant que la surface de section ou de cassure du grain est crayeuse ou plus transparente et comme vitreuse. Des orges ne comprenant que des grains farineux ne se rencontrent guère. Du reste, il est évident que des orges farineuses se ramollissent et germent plus uniformément que les orges vitreuses. — On nomme graveleuse une orge dont la surface de cassure offre une couleur brune.

L'*odeur de l'orge* doit être fraîche, analogue à celle de la paille ; une odeur de renfermé ou même de moisi exige des précautions toutes particulières lors du travail du grain, si l'on veut que ce dernier fournisse un malt sain et que l'on puisse employer. Des indications détaillées seront données sur ce point dans le chapitre relatif à la préparation du malt.

La *pureté de l'orge* destinée à la fabrication du malt est de plus en plus reconnue comme un facteur de la plus grande importance.

L'orge doit d'abord être exempte de graines de mauvaises herbes, ainsi que de grains mal développés et cassés, car dans le germoir c'est surtout sur ces derniers que l'on voit d'abord se pro-

duire des traces de moisissures, qui peuvent également infecter le malt sain.

En outre, on considère comme pure une orge qui est exempte d'*organismes nuisibles à la fermentation*. La poussière, par exemple, qui est mélangée aux orges en plus ou moins grande quantité, n'est autre chose qu'une masse de germes, qui, l'occasion étant favorable, se développent sur le malt, infectent ce dernier, passent avec lui dans le moût et la levure artificielle et peuvent ainsi occasionner dans la fermentation des perturbations, souvent extrêmement graves.

Pour obtenir des indications positives relativement à cette altération de la pureté de l'orge par des organismes nuisibles à la fermentation, on jette dans un verre avec de l'eau une poignée des grains et à l'aide d'un pinceau on agite ceux-ci sous le liquide. Dans la plupart des cas, l'eau de lavage prendra une couleur variant du gris foncé au noir, et dans une goutte de cette eau, examinée au microscope, on trouvera une quantité de champignons nuisibles à la fermentation. En ne faisant cela qu'une seule fois ou si l'on a pu s'assurer de ses propres yeux combien est sale non seulement la première eau de lavage de l'orge, mais encore les deuxième et troisième eaux, on comprendra toute l'importance du lavage des matières premières destinées à la préparation du malt et quel profit on retire d'un *lavage énergique* de l'orge relativement à la pureté de la fermentation. Ce point sera également traité avec tous les détails nécessaires dans le chapitre relatif à la préparation du malt.

3. Seigle.

Après l'orge, le *seigle* joue le principal rôle comme matière première de la fabrication du malt. Si la préparation du malt de seigle est plus difficile à conduire que celle du malt d'orge, le premier malt se distingue par un pouvoir saccharigène très grand, que l'on obtient même avec un séjour dans le germoir plus court que celui qui est nécessaire pour l'orge.

Le seigle, abstraction complète étant faite de la fabrication de l'eau-de-vie de grains, est aussi fréquemment employé comme

matière première principale de la préparation du moût dans les distilleries agricoles ordinaires ne produisant que de l'alcool brut.

Le seigle offre en moyenne la composition suivante :

Substances extractives non azotées	67,81 p. 100
Protéine brute	11,52 —
Matière grasse	1,79 —
Cellulose	2,01 —
Substances minérales	1,81 —
Eau	15,06 —

Les substances extractives non azotées sont composées comme il suit :

Amidon	62,00 p. 100
Sucre	0,95 —
Gomme et dextrines	4,86 —

L'indication d'une composition dite moyenne ne peut pas être évitée ; mais il faut se garder de se servir sans critique des chiffres cités, afin de ne pas être victime d'erreurs.

Les analyses suivantes de seigles de Bavière de l'année 1894 montrent, en effet, combien les différentes sortes de seigles diffèrent les unes des autres dans leur composition. Les échantillons analysés par moi provenaient du Haut-Palatinat, de la Haute-Bavière, de la Souabe, de la Franconie moyenne et de la Basse-Franconie ; on a seulement déterminé la teneur en eau, en amidon et en protéine brute et le poids de l'hectolitre :

	TENEUR en eau.	POIDS de l'hectolitre.	TENEUR en amidon.	PROTÉINE brute.	CULTIVÉ EN	REMARQUE
Seigle d'hiver	16,08	65,8	56,81	15	Haute-Bavière.	
Seigle de Probstei	16,52	70,9	58,74	10	Haut-Palatinat.	
Seigle polonais	17,33	74,6	60,52	10,25	Basse-Franconie.	
Seigle d'été	16,76	71,4	61,27	13,06	Franconie moyenne.	
Seigle zélandais	15,20	67,8	62.02	13,75	Haut-Palatinat.	
Seigle Johannis	17,08	71,4	63.22	12,18	Haute-Bavière.	
Seigle de Bohême	15,71	68,5	63,98	12,98	Basse-Franconie.	
Seigle de Champagne.	16,57	69,4	64,42	9,50	»	
Seigle ordinaire	15,52	73	54,80	10,18	Franconie moyenne.	
Seigle zélandais	18,39	69,9	65,17	9,56	Souabe.	Etait un peu poussé.
» »	14,43	73,3	67,05	11,25	Haut-Palatinat.	

J'ajoute encore les analyses de quelques seigles allemands et de deux seigles russes. Les échantillons provenaient de la récolte de 1896 et ils ont été analysés par moi au printemps de l'année 1897 :

PROVENANCES	EAU	POIDS de l'hectolitre.	AMIDON	PROTÉINE brute.
Wurtemberg.	13,05	72,5	—	12,50
»	13,21	70,9	—	12,13
»	13,21	70	—	13,85
»	14,35	73,5	—	12,25
Palatinat	16,23	70,4	62,50	9,63
Russie septentrionale. .	15,57	73,5	60.56	11,88
Russie méridionale. . .	15,97	68	58,66	14,75

Les nombres qui précèdent démontrent suffisamment la variabilité de composition du seigle — et il en est de même pour toutes les céréales et le maïs. La teneur en amidon du seigle varie de 57 à 67 p. 100 ; la teneur en protéine brute oscille entre 9,5 et 15 p. 100. Pour l'emploi comme matière première principale de la préparation du moût dans la fabrication de l'alcool, on doit préférer un grain lourd, riche en amidon, comme l'est celui des seigles allemands. Mais pour la préparation du malt et de la levure pressée un grain léger, grêle, qui est pauvre en amidon et riche en albumine, convient beaucoup mieux. Le seigle russe surtout passe pour être très riche en protéine et il en contiendrait même parfois jusqu'à 17 p. 100. Il semble exact que le seigle allemand n'a en général qu'une teneur moyennement élevée en protéine.

Relativement aux propriétés du seigle, comme le pouvoir germinatif et sa détermination, le degré de pureté, etc., tout ce qui a été dit pour l'orge convient également pour ce grain.

Comme on le sait, le seigle est un fruit gymnosperme, c'est-à-dire que le grain de seigle n'est pas revêtu d'une glume dure, comme, par exemple, l'orge et l'avoine. Par suite de cela, lorsque le seigle, en vue du maltage, doit subir le mouillage, il absorbe la quantité d'eau nécessaire en un temps plus court que l'orge et l'avoine.

4. Avoine.

L'*avoine* n'est pas très souvent employée dans la distillerie et elle ne sert jamais que pour préparer du malt. Mais on emploie fréquemment le malt d'avoine pour la fabrication de la levure artificielle et aussi pour la saccharification des moûts. Dans le premier cas, la grande teneur en albumine devrait jouer un rôle important, tandis que dans le dernier la grande teneur en matière grasse de l'avoine exerce une influence favorable sur la forme de la fermentation du moût.

La composition de l'avoine, que nous donnons dans le tableau suivant, montre que non seulement cette céréale offre une teneur élevée en matière grasse, mais encore qu'elle renferme une quantité de glumes plus grande que les autres grains, et cette raison est suffisante pour qu'elle ne puisse pas, sous le régime d'un impôt sur le volume du moût, être employée avec avantage comme matière première principale de la préparation du moût, parce que les glumes occupent un grand volume, dont l'impôt est payé sans profit.

	AVOINE	FROMENT
Eau	12,37	13,65
Protéine brute	10,41	12,35
Matière grasse	5,23	1,75
Substances extractives non azotées	57,78	67,91
Cellulose	11,19	2,53
Eléments minéraux	3,02	1,81

5. Froment.

Le *froment*, dont la composition moyenne a été indiquée à côté de celle de l'avoine, joue dans la distillerie, en Allemagne et en France un rôle tout à fait secondaire, tandis que dans d'autres pays il est assez fréquemment employé, aussi bien comme matière de la préparation des moûts que de celle du malt.

Dans ces derniers temps, on a appris à apprécier le malt de

froment comme excellente matière première dans la fabrication de la levure pressée et spécialement dans la préparation de la levure par la méthode d'aération.

Le maïs offre pour le distillateur une importance beaucoup plus grande que le froment.

6. Maïs.

Le *maïs*, aussi nommé blé de Turquie, a aussi, grâce à la facilité avec laquelle il peut être conservé et transporté, une grande importance pour la distillerie. Une mauvaise récolte en pommes de terre peut être compensée par le travail du maïs (en Allemagne où la pomme de terre est très employée pour la fabrication de l'alcool). La teneur élevée en matière grasse du maïs se fait sentir avantageusement sous deux rapports différents : en premier lieu dans la grande valeur nutritive de la vinasse fournie par ce grain et ensuite extérieurement dans l'augmentation de la fluidité du moût de maïs pur et du moût mixte de maïs et de pommes de terre. La matière grasse du maïs agit dans ce cas comme agent lubrifiant et permet à l'acide carbonique formé pendant la fermentation de se dégager tranquillement. Par suite de cela, il n'est pas besoin de laisser dans les cuves à fermentation un grand espace vide au-dessus du moût, ce qui est important lorsque, comme en Allemagne, l'impôt est basé sur la capacité des cuves. Nous ferons, en outre, remarquer que le travail du maïs pur, ou du moins le mélange d'une certaine quantité de maïs avec les pommes de terre, constitue un des moyens prophylactiques contre les malandres des vinasses des bêtes à cornes.

On distingue en général deux espèces principales de maïs, le maïs d'Amérique et le maïs d'Europe, ayant chacun des variétés :

1° Parmi les maïs américains, on distingue les variétés suivantes :
Maïs à grains larges ;
Maïs dent de cheval ou mixte ;
Maïs de La Plata ;
Maïs à grains pointus.

2° Les principales sortes européennes sont :
Maïs jaune et rouge gros ;

Maïs pointu;
Maïs Cinquantino;
Maïs nain.

Dans l'Allemagne du Nord, on traite naturellement exclusivement le maïs d'Amérique, et surtout le maïs dent de cheval ou mixte (mixte relativement à la forme comme à la couleur, blanche, jaune, rouge, tachetée).

Dans l'Allemagne du Sud, c'est le maïs européen, dit du Danube, qui prédomine; il provient d'Autriche-Hongrie, de Roumanie, des Principautés danubiennes. On rencontre aussi çà et là sur le marché des maïs de la Russie méridionale et de l'Afrique.

Le maïs offre la composition moyenne suivante :

Eau	13,12 p. 100
Protéine brute	8,95 —
Matière grasse	4,62 —
Substances extractives non azotées	68,41 —
Cellulose	2,49 —
Cendres	1,51 —

Les analyses suivantes, effectuées par l'auteur au printemps de l'année 1897, peuvent être considérées comme types de la composition des sortes de maïs fréquemment traitées dans l'Allemagne du Sud :

	MAÏS de provenance serbe. (Récolte de 1896)	MAÏS de provenance hongroise. (Récolte de 1896.)	MAÏS de provenance roumaine. (Récolte de 1895.)
Eau	16,78	16,41	14,15
Amidon	62,04	61,75	63,54
Matière grasse	4,44	4,35	3,99
Azote	1,456	1,47	1,484
Protéïne brute	9,10	9,19	9,28
Aspect extérieur	Mélange de grains jaunes, blancs et rouges de grosseur moyenne.	Grains jaunes de grosseur moyenne.	Grains jaunes un peu plus petits que ceux du maïs hongrois.

Parmi les substances extractives non azotées, l'amidon occupe le premier rang; viennent ensuite le sucre et la dextrine. Le maïs est dans tous les cas le grain le plus riche en sucre, car sa teneur en ce principe peut osciller entre 1,7 et 11,5 p. 100.

Lors du travail du maïs sous pression, qui est généralement usité en Allemagne, il ne faut pas perdre de vue cette teneur en sucre.

La *teneur en amidon* du maïs s'élève en moyenne à 60-62 p. 100. [Voy., pour sa détermination, ce qui a été dit à propos de l'orge, p. 13.]

La teneur en eau étant extrêmement variable doit toujours être prise en considération lors de l'achat du maïs. Le maïs nouveau offre dans les différents mois les variations suivantes :

	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février
Variations :	18-30,2	18-28,1	18-26	17-26	16-24,3
Teneur en eau la plus fréquente.	24-26	24-26	23	23	21,5-22

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Variations :	15,5-22	14-19	13-16,5	12-14	10-12	10-12
Teneur en eau la plus fréquente.	20	17	15	13	12	12

On ne peut pas admettre pour chaque mois une teneur en eau moyenne. Dans le commerce, un maïs avec 12 à 14 p. 100 d'eau passe pour une marchandise normale.

Il n'est pas toujours facile pour le chimiste de déterminer par l'analyse avec une certitude absolue, si dans un cas donné on a affaire à du maïs nouveau ou à du vieux maïs, et les distillateurs auraient meilleur soin de leurs intérêts si, lors de grands achats de maïs, ils prenaient pour base des prix de ce dernier, non pas l'époque supposée de sa récolte (maïs nouveau ou vieux maïs), mais l'analyse chimique, c'est-à-dire la teneur, indiquée par celle-ci, en amidon, en eau et peut-être aussi en matière grasse. L'agronome achète bien depuis longtemps, d'après l'analyse, les fourrages, les engrais, etc.

Ma longue expérience m'a appris qu'il existe une grande différence entre le maïs d'Amérique, celui de La Plata en particulier, et celui du Danube : ce dernier cuit plus facilement, il fournit un moût plus riche en sucre avec une moindre quantité de drèche, et la fermentation de ce moût va facilement jusqu'à 0° Balling et au-dessous. Les moûts préparés avec le maïs de La Plata sont générale-

ment plus pauvres en sucre et moins fluides et ils n'ont pas coutume de donner une aussi bonne fermentation.

Le grain de maïs possède un germe assez gros, qui est riche en matière grasse et en corps albuminoïdes. Dans les distilleries où le maïs n'est pas travaillé en grains entiers, mais après avoir été concassé ou même moulu en une poudre fine, la présence de la matière grasse se fait remarquer de la manière la plus nette, sous la forme d'une huile jaune flottant à la surface du moût. Ce serait une faute d'enlever cette huile, ce qui se fait cependant dans quelques distilleries.

Les analyses de trois sortes de maïs, de la récolte de 1895, qui ont été effectuées dans mon laboratoire, sont intéressantes; elles se rapportent à deux maïs de montagne du Tyrol et à un maïs égyptien :

	MAÏS DE MILS, près Hall (Tyrol).	MAÏS DE AMRAS	MAÏS ÉGYPTIEN
Eau	15,04	15,27	11,72
Protéine brute . . .	—	—	10,06
Amidon	64,58	64,85	68,83
Matière grasse . . .	—	—	4,46
Cendres.	—	—	1,50

Les deux maïs tyroliens provenaient de propriétés des environs d'Innsbruck, le premier d'un terrain peu profond, avec sous-sol graveleux et mauvaise fumure, et le second d'un terrain bien fumé. Tous deux étaient complètement mûrs et leur couleur variait du blanc au jaunâtre, preuve que les sortes convenables peuvent aussi mûrir dans notre climat en une période de végétation relativement courte. Le maïs égyptien se distingue par une grande teneur en amidon.

On offre assez souvent à bas prix aux distillateurs comme une marchandise saine du *maïs avarié*. Dans ce cas, il faut apporter une grande circonspection lors de l'achat ; on devra d'abord s'assurer exactement du degré du dommage produit par l'eau et si la marchandise, à la suite de l'avarie, a été soumise à une dessiccation. L'odeur du maïs et son aspect extérieur (on remarquera sur-

tout la couleur et s'il s'est produit des moisissures) fournissent aussi des indications très nettes, dont on devra tenir compte lors du traitement pour alcool d'une marchandise avariée.

Quelques échantillons de maïs avariés, analysés par l'auteur dans la campagne de 1896-97, offraient la composition suivante p. 100 :

	I	II	III	IV	V
Eau.	15,77	6,28	16,89	15,87	15,06
Amidon.	56,61	58,91	60,16	60,83	62,95
Matière grasse.	4,87	—	—	4,14	—
Poids de l'hectolitre. .	75,8	—	66,70	73,50	76,90

Il existe une grande différence dans la teneur en eau de ces maïs : le maïs n° II avait été soumis à la suite de l'avarie à une dessiccation artificielle ; l'aspect des grains était normal, l'odeur bonne ; ce maïs fut facilement traité sans précautions particulières, tandis que le maïs n° I, comme c'était à prévoir, présenta de grandes difficultés. Ce dernier n'avait pas, en effet, subi de dessiccation artificielle rapide, et il avait plutôt une odeur de renfermé, de moisi ; il était de couleur foncé et ne contenait qu'un petit nombre de grains de couleur claire et sains. Les grains recouverts de moisissures étaient la plupart brun rouge foncé ; leur surface de section n'était pas blanche, mais brun foncé ou noire et ils étaient remplis de mucédinées.

Il sera préférable de ne pas se servir d'un moût obtenu avec un pareil maïs pour la fabrication de la levure artificielle, et la préparation du moût doit elle-même être effectuée avec des précautions particulières : forte pression lors de la cuisson du grain, haute température d'empâtage et saccharification prolongée, emploi d'une levure fortement acidifiée et d'antiseptiques lors de la fermentation du moût.

Tandis que la teneur en matière amylacée des pommes de terre peut être facilement déterminée par tout le monde sans connaissances spéciales, il n'en est pas de même pour les céréales et le maïs. Dans ce dernier cas, il faut effectuer une analyse chimique, qu'il s'agisse de l'achat de maïs, par exemple, ou d'exécuter un calcul de rendement. Dans les deux cas, il serait absurde de compter sur des valeurs moyennes sans avoir recours à l'analyse chi-

mique[1]. La méthode imaginée par Balling pour le dosage de l'amidon dans les grains, méthode qui repose sur la préparation d'un extrait de moût, n'est point à recommander, à cause de son inexactitude.

7. Dari.

Le *dari* (*Sorghum tartaricum*), aussi nommé dhura, sorgho, millet de Guinée ou de nègre, est également traité çà et là dans l'Allemagne du Sud et en France comme succédané du maïs, avec lequel il offre certains rapports; le moût de dari fermente tranquillement et n'exige pas qu'on laisse dans les cuves au-dessus de sa surface un grand espace vide. La teneur en matière grasse du dari oscille, en effet, entre 3 et 4 p. 100; elle n'est donc inférieure à celle du maïs que de 1 p. 100 environ. Le dari contient en outre :

Amidon.	entre 60 et 66 p. 100
Eau	— 12 et 14 —
Sucre	environ 1,5 —

Dans sa patrie, surtout en Egypte, le dari moulu est employé pour préparer du pain, et ses feuilles et ses tiges constituent un fourrage très apprécié. Le dari provenant d'Egypte offre une couleur brun noir et son enveloppe est assez épaisse; celui de provenance syrienne se distingue par un grain petit et son enveloppe blanche. La couleur du dari de l'Afrique du Sud se rapproche plus du gris.

Le dari est souvent mélangé avec une assez grande quantité de poussière, de saletés et de petites pierres et j'ai fréquemment observé dans mes analyses 5 à 10 p. 100 d'impuretés, qui (la poussière surtout) font écumer fortement le moût pendant la fermentation et même encore pendant la distillation de ce dernier.

8. Riz.

[Le *riz* constitue une excellente matière première pour la fabrication de l'alcool. Sa composition qualitative ne diffère pas beaucoup de celle des autres grains. Voici, d'après König, quelle est la

[1] Voy. *Comptes rendus du deuxième Congrès international de chimie appliquée*, t. I, p. 583. Paris, 1897.

composition quantitative moyenne du riz non décortiqué et du riz décortiqué :

	Riz non décortiqué.	Riz décortiqué.
Eau	9,55	13,11
Matières azotées	5,87	7,85
Matières grasses	1,84	0,63
Substances extractives non azotées	75,85	76,75
Ligneux	5,80	0,63
Cendres	1,09	1,01

Parmi les nombreuses espèces commerciales de riz, on n'emploie pour la fabrication de l'alcool que celles qui ne sont pas tout à fait blanches et dont les grains sont petits, parce qu'elles sont d'un prix moins élevé. On peut aussi se servir dans le même but des grains brisés des meilleures espèces, ainsi que des déchets de la décortication et du polissage du riz, produit auquel on donne en Italie le nom de *rizina*.

En Italie et en Espagne, on traite de grandes quantités de riz récolté dans ces pays. Le riz fournit une eau-de-vie fine, aromatique (désignée sous le nom d'*arack*); lorsque le grain est cuit sous pression, le produit obtenu est plus riche en fousel et son goût est par suite moins agréable.

Dans les localités où le riz est préparé pour le commerce, c'est-à-dire décortiqué et poli, par exemple dans les villes maritimes où il se fait un commerce important, on peut se procurer les déchets de cette préparation et les employer avantageusement pour la fabrication de l'alcool, soit seuls, soit mélangés avec d'autres matières amylacées. La valeur de ces résidus dépend naturellement de leur teneur en amidon, qui est très variable. Voici, d'après Maercker, les résultats de trois analyses de balles de riz, qui ont été faites à la station de Halle :

	I	II	III
Eau	9,72	10,64	10,00
Matières grasses	12,02	15,36	17,28
Cendres	8,60	10,98	11,74
Matières protéiques	11,56	11,31	13,94
Ligneux	7,23	11,97	10,83
Amidon	47,02	34,49	30,82
Matières extractives non azotées	3,85	5,25	5,39

Comme le montrent ces analyses, ces produits se distinguent tout spécialement par leur teneur grande en matières grasses.]

9. Amidon.

(*Sa formation, ses propriétés et ses transformations en distillerie.*)

L'amidon se compose de petits grains blancs de grosseurs différentes; la forme des grains d'amidon varie avec les différentes matières amylacées et est caractéristique pour chacune d'elles.

Les formes des grains d'amidon de seigle, de froment et d'orge offrent avec l'amidon ou fécule de pomme de terre, qui est figurée à la page 2, de très grandes différences; elles peuvent, par conséquent, à l'aide du microscope être reconnues rapidement et sûrement à côté de fécule de pommes de terre. Les grains d'amidon des céréales offrent au contraire dans leurs formes une très grande analogie, de sorte qu'ils ne peuvent être distingués les uns des autres que par des mensurations microscopiques exactes.

L'amidon de maïs est formé en majeure partie de grains composés, dans lesquels se trouve un grand nombre de grains simples de formes ronde et polygonale.

Dans la chimie, l'amidon appartient à la classe des hydrates de carbone de la formule $C^6H^{10}O^5$. Cependant, la constitution de l'amidon ne trouve pas son expression dans cette formule simple. Le groupe $C^6H^{10}O^5$ est contenu au moins 20 fois et peut-être encore plus dans la molécule d'amidon. On peut déduire de là, d'abord que l'amidon est une substance de composition extrêmement compliquée, ensuite que l'équilibre de cette molécule est très instable et que, par suite de cela, l'amidon est très disposé à subir des changements et des modifications chimiques.

Le mode de production de l'amidon reste encore actuellement entouré d'obscurité : on sait seulement qu'il se forme dans les organes foliacés verts des plantes aux dépens de l'acide carbonique de l'air et de l'eau. Ce mode de formation, qui repose sur un processus de réduction, est exprimé par l'équation suivante :

$$6\,CO^2 + 5\,H^2O = C^6H^{10}O^5 + 12\,O.$$

On sait en outre que les rayons éclairants de la lumière solaire participent à ce mode de formation de l'amidon. Pendant que prend

naissance la molécule d'amidon, il se forme comme produit intermédiaire transitoire de l'aldéhyde formique.

Après sa formation dans les organes foliacés verts contenant de la chlorophylle, l'amidon est dissous et transformé en sucre par l'enzyme du glucose. Le sucre qui se trouve par conséquent dissous est disséminé dans la plante par le courant du suc cellulaire et, après être retourné à l'état d'amidon, il s'accumule comme matière de réserve en des points déterminés (grains, tubercules).

Parmi les propriétés de l'amidon, les suivantes sont celles qui nous intéressent le plus : le poids spécifique de l'amidon est beaucoup plus élevé que celui de l'eau ; il oscille entre 1,64 et 1,65 à l'état sec. L'amidon préalablement desséché à une haute température absorbe dans l'air humide de grandes quantités d'eau, qui cependant varient avec les différentes sortes d'amidon.

L'amidon est tout à fait insoluble dans l'eau froide, l'alcool et l'éther. Traité par l'eau chaude, il se transforme en empois, d'après le processus suivant : Des particules d'eau, traversant l'enveloppe celluleuse des grains d'amidon, pénètrent à l'intérieur de ces derniers ; les grains augmentent alors de volume, il s'y produit d'abord des fentes et ils commencent ensuite à éclater lorsque la température a atteint 60°. Cependant, la véritable formation d'empois, c'est-à-dire la conversion en la masse opalescente gélatiniforme que l'on connaît, n'a lieu qu'à une plus haute température, laquelle varie avec les différentes espèces d'amidons, et qui s'élève pour :

La fécule de pommes de terre à	65°
L'amidon de maïs à.	75°
— d'orge à	80°
— d'avoine à	85°

Comme on le voit, la température à laquelle se forme l'empois avec la fécule de pommes de terre est beaucoup plus basse qu'avec l'amidon des céréales.

La manière dont l'amidon se comporte avec l'eau aux températures supérieures à son point d'ébullition offre une très grande importance pour le traitement des matières premières amylacées d'après le procédé à haute pression actuellement usité. Si l'on chauffe de l'amidon et de l'eau en vase clos 120° — 130°, l'empois

épais primitivement formé se résout en un liquide d'une grande fluidité, très mobile, que l'on peut ensuite laisser refroidir jusqu'à 50° environ sans qu'il reprenne l'état solide. Si donc dans la pratique de la distillerie on cuit, sous haute pression, des matières amylacées, on liquéfie, on dissout leur amidon. Une addition de malt, faite après refroidissement convenable, transforme complètement et presque instantanément en sucre l'amidon dissous. (Sur ces faits reposent les opérations de la cuisson des matières amylacées et leur saccharification par le malt.)

Parmi les réactions de l'amidon, celle qu'il donne avec la solution d'iode est une des plus importantes pour le distillateur. Si l'on met en contact avec de la solution d'iode des grains d'amidon dont l'enveloppe celluleuse a été brisée par broyage, ou de l'empois d'amidon ou enfin de l'amidon soluble, il se produit une coloration bleue intense. La sensibilité de cette réaction ne laisse rien à désirer, de sorte qu'elle permet de découvrir les quantités les plus minimes d'amidon. Les règles à observer pour la production de la réaction en question seront indiquées ultérieurement (voy. Chap. XI).

Mais la propriété de l'amidon la plus importante repose sur la manière dont il se comporte avec les enzymes du malt. Celles-ci peuvent dissoudre l'amidon insoluble et le transformer d'une part en sucre de malt (maltose), d'autre part en dextrines. La maltose directement fermentescible représente le produit final de l'action de la diastase du malt sur l'amidon, tandis que les dextrines, non directement fermentescibles, doivent être considérées comme des produits intermédiaires de la transformation de l'amidon en maltose.

[Lorsqu'on traite l'amidon à l'ébullition par des *acides dilués*, il se transforme également en *sucre*, en *dextrose ;* mais comme cela a lieu avec les enzymes du malt, cette transformation n'a pas lieu immédiatement, elle est précédée de la formation de produits intermédiaires , de *dextrines*. L'ébullition avec l'acide dilué donne d'abord naissance à de l'*amidon soluble*, que la solution d'iode colore en bleu pur, puis il se forme de l'*amylodextrine*, qui donne avec la solution d'iode une coloration violette, et ensuite de l'*érythrodextrine* produisant avec l'iode une coloration rouge. L'ébulli-

tion continuant, la solution d'iode ne donne plus de réaction colorée, l'érythrodextrine s'étant transformée en *achroodextrine*, que l'on reconnaît au précipité qu'elle donne avec l'alcool. Enfin, ce dernier produit intermédiaire disparaissant à son tour, l'alcool ne donne plus de précipité et à ce moment le liquide ne contient plus que de la *dextrose*.]

B. — MATIÈRES SUCRÉES

1. Betterave à sucre.

[La *betterave à sucre* est en France, ainsi qu'en Autriche, une des matières premières les plus importantes de la fabrication de l'alcool.

Le jus des différentes espèces de betteraves contient, outre du sucre cristallisable (sucre de canne, saccharose), des matières albuminoïdes, des sels et des substances dites extractives, éléments dont la quantité varie avec chaque espèce de betterave et les conditions de sol, de culture et de climat. La quantité du sucre extractible dépend du rapport qui existe entre la teneur en sucre et la quantité totale des autres éléments, la richesse saccharine absolue étant la même, tandis que le rendement en alcool ne dépend que de la teneur en sucre elle-même et n'est pas influencée par les autres éléments. Le choix des meilleures betteraves n'a donc pas la même importance pour la production de l'alcool que pour la fabrication du sucre ; des betteraves qui ne peuvent pas être avantageusement employées en sucrerie peuvent au contraire fournir un rendement rémunérateur en alcool. Cependant, les betteraves les plus riches en sucre sont toujours naturellement celles qui donnent le plus d'alcool, et comme le jus le plus sucré est aussi généralement le plus pur, il s'ensuit qu'entre le choix des betteraves, de distillerie et celui des betteraves de sucrerie, il n'y a pas une différence aussi grande qu'on pourrait le penser (Stammer).

La chair de la betterave à sucre se compose d'un tissu cellulaire contenant un liquide incolore, le jus. Les parois des cellules sont formées de cellulose, et elles sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de substance dite intercellulaire, dans laquelle on trouve surtout des matières pectiques et tannantes. La

cellulose et la substance intercellulaire constituent la pulpe proprement dite de la betterave, qui ne représente en moyenne qu'environ 4 p. 100 du poids de la racine, les 96 autres parties formant le jus. Les totalité des substances dissoutes dans le jus est moins constante, elle varie en général de 12 à 18 p. 100. On peut donc représenter les proportions des principaux éléments de la betterave par les chiffres suivants :

Substance sèche 15,5 à 21.	Cellulose, etc. . . .	4,0	4,0	pulpe.
	Substances dissoutes.	11,5 à	17,0	jus.
	Eau.	84,5 à	79,0	
		100,0	100,0	

L'analyse chimique du jus de betterave a permis d'y constater la présence des corps suivants : sucre cristallisable ; substances albuminoïdes ; potasse, rubidium, soude, magnésie, oxydes de fer et de manganèse en combinaison avec les acides citrique, oxalique, sulfurique, phosphorique, chlorhydrique, silicique, etc. ; asparagine, glutamine, bétaïne, gomme, matières grasses, etc.; toutes les substances dissoutes, excepté le sucre, les matières albuminoïdes et les sels, sont désignées sous le nom collectif de substances extractives.

Essai des betteraves. — Pour les besoins de la distillerie, il suffit ordinairement de déterminer la densité du jus, de laquelle on peut déduire approximativement la teneur en sucre ; mais il est quelquefois aussi nécessaire de doser exactement le sucre.

Si le jus de la betterave ne contenait en dissolution que du sucre, il serait facile de connaître exactement sa teneur en sucre d'après sa densité ; mais, comme on l'a dit plus haut, le jus de betterave renferme, outre le sucre, un grand nombre d'autres substances agissant sur sa densité. Toutefois, on a constaté qu'il existe entre la richesse saccharine du jus de betterave et sa densité un rapport à peu près constant, et on admet qu'en multipliant la densité, prise à 15°, par le coefficient 2, 2 pour les betteraves de sucrerie et 2 pour les betteraves de distillerie, qui sont d'une richesse moindre, on obtient la teneur approximative en sucre du volume du jus. Par conséquent, si un jus a, par exemple, une densité de 1,050, ou, comme on dit habituellement, une densité de 5, la richesse du jus en sucre

sera égale à $5 \times 2 = 10$ p. 100 ; ce qui équivaut à 9 p. 100 environ de sucre dans la betterave, et cette quantité, transformée en alcool à l'aide du coefficient 0,60, donnera 5,40 d'alcool. Si maintenant on admet, avec J. Fritzch et E. Guillemin, auxquels nous empruntons ces indications, qu'il se perd 0,5 p. 100 du sucre de la betterave dans la pulpe et pendant le cours de la fabrication, il restera à peu près un rendement probable de 5. On voit d'après cela que la densité du jus de betterave, indiquée comme on le fait ordinairement, en disant, par exemple, 5 pour 1,050 représente le rendement approximatif en alcool de la betterave en volumes, ce qui veut dire que des betteraves dont le jus marque 5 donneront environ 50 litres d'alcool par 1000 kg., en admettant, naturellement, un travail normal.

Pour *déterminer la densité* du jus de betterave, on se sert habituellement d'un aréomètre, dit *densimètre*, qui fait connaître directement la densité du liquide dans lequel on le plonge. Cet instrument marque 1000 dans l'eau pure à la température de 15° et par conséquent un degré plus élevé, en s'enfonçant moins, dans un jus sucré. Si, par exemple, le densimètre marque dans un jus 1,038, on dit que sa densité est à 1,038, ou, comme on l'a déjà fait remarquer, qu'elle est à 3,8, en énonçant simplement les degrés et fractions de degré au-dessus de 100.

Pour extraire le jus dont on veut déterminer la densité, on commence par râper la betterave au moyen de dispositifs construits spécialement pour cet usage (sonde-râpe de Possoz, foret-râpe de Champonnois, râpe conique de Pellet, etc.), et ensuite on extrait le jus de la pulpe au moyen d'une presse. Le jus obtenu est versé doucement, en coulant sur les bords, pour éviter la mousse, dans une éprouvette assez large, placée sur une table bien horizontale. Après avoir laissé remonter l'air, on souffle la mousse et on plonge le densimètre dans le liquide, préalablement amené à la température de 15°, pour laquelle l'instrument est construit. On fait la lecture deux fois à quelques minutes d'intervalle ; si on trouve le même nombre, on l'accepte ; sinon, on attend un peu et on recommence la lecture.

En Allemagne et en Autriche, on se sert pour l'essai densimétrique des jus de betterave, au lieu du densimètre, du *saccharo-*

mètre de BALLING. Cet instrument, plongé dans une dissolution de sucre *pure*, indique directement combien 100 parties en poids de cette dissolution contiennent de parties de sucre ; ainsi, il marque 20° ou 20 p. 100 dans une dissolution contenant 20 gr. de sucre en 100 gr. de liquide. Le saccharomètre de BALLING étant l'objet d'une description spéciale dans le Chapitre XI, à propos de la détermination de la richesse saccharine des moûts obtenus avec les matières amylacées, nous ne dirons rien de plus sur cet instrument et nous renverrons à ce chapitre [1].

Lorsqu'il est nécessaire de déterminer exactement la teneur en sucre du jus de la betterave, il faut avoir recours à la *méthode polarimétrique*, qui est très rapide, avec les appareils à graduation saccharimétrique. On prend 100 cm³ de jus, on ajoute 10 cm³ de sous-acétade de plomb, on filtre, puis on verse le liquide filtré dans un tube de 22 cm. et on observe au saccharimètre; le degré lu, multiplié par 0,162 (saccharimètre de LAURENT), indique en grammes la quantité de sucre contenue dans 100 cm³.

Cette méthode, quoique très simple et très exacte, ne peut plus être appliquée dans le cours de la fabrication à cause de l'inversion que subit la saccharose avant sa fermentation ; on n'obtient plus alors de résultats comparables entre eux. C'est pour cela qu'il est préférable en distillerie d'avoir recours à la *méthode chimique*.

Cette dernière méthode consiste à intervertir la saccharose et à la titrer au moyen d'une solution alcaline de cuivre (liqueur de FEHLING ou de VIOLETTE). A cet effet, 10 cm³ de jus additionnés de quelques gouttes d'acide sulfurique sont intervertis par une ébullition de cinq à six minutes ; après refroidissement, ce liquide est versé dans un ballon jaugé de 100 cm³, puis additionné de 10 cm³ de solution de sous-acétate de plomb, et le ballon est, après agitation, rempli jusqu'au trait de jauge; après quoi, l'excès de plomb est précipité par du *carbonate de soude sec*, qui n'augmente pas sensiblement le volume. Le liquide ayant été filtré, on en remplit jusqu'au zéro une burette, de laquelle on le fait couler goutte à goutte dans un ballon ou une capsule, où l'on a préalablement

[1] [Dans ce même chapitre, on trouvera également une table indiquant la correspondance des degrés saccharométriques avec les densités.]

mesuré 10 cm³ de liqueur de VIOLETTE[1] (10 cm³ = 0,05 gr. de saccharose) étendus d'eau et portés à l'ébullition, et on s'arrête lorsque la liqueur est entièrement décolorée.

Si pour 10 cm³ de liqueur de VIOLETTE il a fallu ajouter n cm³ de jus filtré au dixième, il en aurait fallu $\frac{n}{10}$ pour le jus lui-même ; par conséquent $\frac{n}{10}$ cm³ de jus contiennent 0,05 gr. de saccharose, et 100 cm³ en renferment $\frac{1000}{n} \times 0{,}05 = \frac{50}{n}$ gr.

On peut aussi, pour doser le sucre des betteraves, opérer par *fermentation*. Voici, d'après L. LÉVY[2], comment il convient de procéder : On épuise 50 gr. de pulpe pendant une demi-heure à 80° par 50 cm³ d'eau. On décante le mieux possible, on met à part le liquide, on lave le résidu encore avec 25 cm³ d'eau à 80°, on décante de nouveau et on ajoute le deuxième liquide au premier. Enfin, on chauffe une troisième fois avec 25 cm³ d'eau sans décanter. A ce moment, on remet sur la pulpe les 75 cm³ de liquide décantés aux deux premiers lavages ; on lave avec un peu d'eau le vase d'où ce liquide est retiré ; on ajoute à la pulpe cette eau de lavage et 5 cm³ d'acide sulfurique normal, ce qui donne une acidité de 0,245 gr. pour 115 cm³ environ du liquide, soit un peu plus de 2 gr. par litre. Enfin, on met dans le vase 1 gr. de levure pressée et on l'abandonne dans un local chauffé à 25°, où la fermentation s'effectue. On peut tirer parti de cette expérience de deux manières différentes.

1. D'après la première, on opère dans un ballon fermé simplement avec un tampon de coton et une fois la fermentation achevée, on distille le liquide fermenté, en recueillant 50 cm³. Si on a trouvé, par exemple, que le distillatum obtenu marque $n°$ G. L., cela veut dire qu'on a produit $\frac{n \text{ cm}^3}{2}$ d'alcool (puisqu'on opère sur 50 cm³). Or, 63,74 d'alcool[3] correspondent à 100 gr. de sucre, donc $\frac{n \text{ cm}^3 \text{ d'alcool}}{2}$

[1] [Cette liqueur est préparée de la manière suivante : On dissout dans 140 gr. d'eau distillée 36,46 gr. de sulfate de cuivre desséché à l'air et on mélange peu à peu cette solution avec une solution bouillante de 200 gr. de sel de Seignette dans 500 cm³ de lessive de soude à 24° B. On laisse refroidir et on complète à 1 litre.]

[2] *Comptes rendus du deuxième Congrès international de Chimie appliquée*, t. I, p. 561. Paris, 1897.

[3] [Dans la pratique, le chiffre 63,74 est un peu élevé ; il vaut mieux, suivant L. LÉVY, l'estimer à 61, cela dépend d'ailleurs de la levure employée.]

correspondent à $\frac{100}{63,74} \times \frac{n}{2}$ et pour 100 gr. de pulpe, il faudra compter $\frac{100}{63,74} \times n$ de sucre.

2. Au lieu de distiller, on peut doser l'acide carbonique par la perte de poids que subit le vase où a lieu la fermentation, par suite du dégagement de ce gaz. A cet effet, on emploie un appareil qui est pesé avant et après l'opération et est disposé pour laisser dégager l'acide carbonique, mais pour retenir l'eau qui pourrait être entraînée et empêcher l'humidité de l'air de rentrer.

L'appareil d'Hayduck se compose d'un vase conique de 250 cm³, fermé par un bouchon en caoutchouc, dans lequel est fixé un tube, qui plonge dans une ampoule contenant de l'acide sulfurique et muni d'un tube de dégagement. L'appareil de Bauer est surmonté d'une ampoule du même genre, qui contient de l'amiante imbibé d'acide sulfurique ; le tube de dégagement, qui part de la partie inférieure de l'ampoule, aboutit à un tube contenant du chlorure de calcium qui empêche l'humidité de l'air de pénétrer dans l'appareil ; enfin, un tube permet de faire passer un courant d'air à travers l'appareil, afin d'expulser complètement l'acide carbonique, avant d'effectuer la pesée.

Sachant que 49,03 gr. d'acide carbonique correspondent à 100 gr. de saccharose, il est facile de calculer, d'après la perte de poids subie par l'appareil, la quantité de sucre qui était contenue dans les 50 gr. de pulpe employés pour l'analyse.

Ne pouvant nous étendre ici plus longuement sur les trois méthodes de dosage du sucre dont il vient d'être question, nous renverrons le lecteur aux ouvrages traitant de la fabrication du sucre de betterave et de l'analyse des matières sucrées[1].]

2. Topinambours.

[Le *topinambour* est le tubercule de l'*Helianthus tuberosus*, plante appartenant à la famille des composées. Il contient une certaine quantité de principes fermentescibles, partie sous forme

[1] Voyez notamment le *Traité d'analyse des matières sucrées* de D. Sidersky et l'*Aide-Mémoire de sucrerie* du même auteur, paru tout récemment chez MM. Baudry et Cie. Paris, 1898.

d'inuline, partie sous forme de sucre directement fermentescible, provenant de la transformation de l'inuline. Celle-ci se change en lévulose par simple ébullition avec de l'eau ; si l'eau est acidulée, la métamorphose est plus rapide.

Les topinambours offrent la composition suivante, d'après les analyses effectuées en 1886 par PETERMANN, directeur de la Station agronomique de Gembloux (Belgique) :

Eau	75,04 à 79,43 p. 100
Hydrates de carbone transformables en sucre	12,72 à 16,37 —
Hydrates de carbone non transformables en sucre	3,93 à 7,12 —
Matière grasse	0,11 à 0,26 —
Protéïne brute	1,06 à 1,56 —
Cendres	0,92 à 1,39 —

Les matières non azotées se composent, d'après KÖNIG, de :

Sucre	8,09 p. 100
Inuline	1,56 —
Autres matières (lévuline)	6,01 —

La lévuline, découverte par DIECK et TOLLENS dans les topinambours, est directement fermentescible. Les mêmes chimistes ont fait une étude complète sur le rendement en alcool de ces tubercules et ils ont obtenu des quantités différentes d'alcool, suivant que la fermentation avait lieu avec ou sans traitement par l'acide sulfurique, soit dans le premier cas 8,26 à 9,03 et dans le second 6,68 à 8,51 p. 100 ; l'emploi de l'acide sulfurique est donc avantageux pour le traitement des topinambours.

MÜNTZ et GIRARD, analysant des tubercules de différentes provenances, ont trouvé dans 100 cm³ de jus les quantités suivantes de glucose, d'inuline et de lévuline :

	Topinambours : Des Charentes.	De la ferme de l'Institut agronomique.
Glucose	18,66	—
Inuline	1,66	1,20
Lévuline et glucose	—	16,82

Enfin, suivant TANRET, le topinambour contient de l'inuline, de la pseudo-inuline, de l'inulénine, de l'hélianthénine et de la synan-

thrine ; tous ces corps sont des hydrates de carbone, qui se transforment par l'hydrolyse en glucose et lévulose.

Pour se faire une idée de la richesse en matières alcoolisables du topinambour, la seule méthode à employer, c'est l'extraction à chaud de la pulpe (1 500 gr.), suivie d'une longue inversion (une heure) par l'acide sulfurique. Le liquide obtenu est ensuite titré par la solution alcaline de cuivre ou par fermentation ; voy. p. 37 et suivantes.]

3. Mélasse.

[La *mélasse* est le résidu de la fabrication du sucre, lequel ne cristallise plus à cause des matières étrangères qu'il renferme. La mélasse contient en moyenne 45 p. 100 de sucre, à côté duquel on trouve les matières azotées, les bases organiques et les sels minéraux de la betterave. Le sucre contenu dans la mélasse est du sucre cristallisable ; le sucre interverti (dextrose et lévulose) ne se rencontre que très rarement dans les mélasses alcalines, mais on le trouve régulièrement dans les mélasses acides. L'alcalinité des mélasses est due à l'addition de chaux caustique dans le jus des betteraves, addition qui met en liberté les alcalis caustiques, lesquels se transforment en carbonates lors de la carbonatation. En distillerie, l'alcalinité des mélasses doit être détruite par une addition d'acide ; il arrive même quelquefois que les distillateurs font bouillir la mélasse acidifiée pour produire l'inversion du sucre, ce qui diminue d'autant le travail de la levure.

Voici, d'après Stammer, les résultats de quelques analyses de mélasses :

	I	II	III	IV
Eau	20,00	16,60	24,50	14,48
Sucre	52,73	50,10	43,50	64,21
Substances organiques non azotées	9,18	13,50	13,80	
— — azotées	9,45	8,90	7,80	6,23
Acide azotique	0,18	—	—	—
Cendres exemptes d'acide carbonique	8,46	18,8	10,90	9,88
	100,00	100,00	100,00	100,00

D'après Maercker, la mélasse contient en moyenne 9,97 gr. p. 100 de cendres, déduction faite de l'acide carbonique. Les cendres

des mélasses renferment généralement 27 à 28 p. 100 d'acide carbonique, ce qui correspond à environ 80 p. 100 de carbonates alcalins, qui existaient dans le jus de la betterave sous forme de sels à acides organiques. Voici, d'après E. v. Wolff, la composition moyenne des cendres de mélasse, déduction faite de l'acide carbonique :

Potasse	69,85 p. 100
Soude	12,17 —
Chaux	5,70 —
Magnésie	0,31 —
Oxyde de fer	0,28 —
Acide phosphorique	0,60 —
Acide sulfurique	2,04 —
Acide silicique	0,41 —
Chlore	10,26 —

Essai des mélasses. — La mélasse était autrefois achetée par le distillateur d'après sa densité; celle-ci était prise sur la mélasse même à l'aide d'un densimètre spécial, un aréomètre de Baumé ou un picnomètre. Mais, comme aujourd'hui, les achats de mélasse se font d'après la teneur de cette dernière en *saccharose*, nous allons indiquer, d'après L. Lévy [1], comment on procède à la détermination quantitative de ce sucre.

Dans un ballon de 200 cm^3, on introduit 32,4 gr. de mélasse, puis on y ajoute du sous-acétate de plomb par fractions de 2 cm^3 toutes les cinq minutes. Quand la défécation est terminée, on complète à 200 cm^3. Alors : 1° on essaie au saccharimètre en décolorant avec du noir animal, si c'est nécessaire, mais en laissant ce dernier en contact avec le liquide le moins possible, et 2° on prélève ensuite 50 cm^3 que l'on verse dans un ballon de 50-55 cm^3, puis on ajoute 5 cm^3 d'acide chlorhydrique à 21° B.; on place ensuite le ballon dans un bain-marie, dont on élève la température en dix minutes à 69-70°, on laisse refroidir à 40°, puis brusquement on ramène à 20°, température à laquelle on polarise dans un tube de 22 cm.

Si D est la polarisation directe, I la polarisation après inversion on a :

$$\text{Saccharose} = 0{,}745\ (D - I).$$

[1] *Comptes rendus du deuxième Congrès international de Chimie appliquée*, t. I, p. 572. Paris, 1897.

S'il y a beaucoup de raffinose, on emploie la formule de CREYDT :

$$S = 0{,}613\ D - 1{,}209.\ I.$$

$$R \text{ anhydre} = \frac{D - S}{1{,}78}.$$

On peut aussi déterminer le *rendement en alcool* que peut donner une mélasse en soumettant une certaine quantité de celle-ci à la fermentation, puis en distillant le moût obtenu et opérant, dans ce but, sur 200 gr. de mélasse étendus de 200 à 300 cm^3 d'eau, exactement comme il est dit précédemment à propos des betteraves.

Il est quelquefois utile de déterminer la richesse saline ou la cendre de la mélasse et parfois aussi de doser les azotates. Mais nous ne pouvons décrire ici les méthodes à suivre pour cela ; nous renverrons donc aux ouvrages traitant spécialement de l'analyse des matières sucrées, au travail de L. LÉVY cité plus haut, ainsi qu'au mémoire très complet sur l'analyse des mélasses, publié récemment par H. PELLET dans le *Journal de la Distillerie française*, année 1898..

Le tableau suivant[1] (p. 44) permettra de se rendre facilement compte de la composition et par suite de la valeur relative des différentes matières premières de la fabrication de l'alcool.]

Eau.

Dans la description des matières premières employées par le distillateur, l'*eau* ne doit pas être omise ; elle est l'intermédiaire de tous les processus chimiques qui se passent dans l'industrie qui nous occupe. La préparation du malt, ainsi que les processus de la saccharification et de la fermentation peuvent être influencés de la manière la plus fâcheuse par une mauvaise eau. De toutes les matières qui sont employées dans la distillerie, abstraction faite des matières premières proprement dites, l'eau est par conséquent la plus importante et aussi celle qui est employée en plus grande quantité.

Une distillerie a donc besoin tout d'abord de quantités d'eau

[1] Extrait du *Kalender für die landwirthschaftlichen Gewerbe.*

Composition des matières premières de la fabrication de l'alcool.

	SUBSTANCE sèche.			MATIÈRES azotées.			MATIÈRES grasses.			AMIDSON et UCRE			AUTRES substances extractives non azotées.			TÔTAL des substances non azotées.			LIGNEUX			CENDRES
	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	
Pommes de terre.	18	36	24	1,5	3	2,2	0,1	0,3	0,2	10	30	17	0,5	1,5	0,7	14,5	31,5	19	0,5	1,5	0,7	1,1
Orge	80,1	60	84,8	6	18	10	1	3	2,1	48,5	68	54,2	1,7	5	3,4	56,7	70	63,4	2,2	10,8	4,8	2,6
Malt vert avec germes	48	60	52	6	6,5	6,3	—	—	1,5	36	42	40	2	3	2,5	38	45	42,5	1,5	7,7	3,2	1,7
Malt touraillé sans germes.	90	95,8	92,5	8	10	9	—	—	2,4	64	70	68	0,7	3,7	1,7	64,7	73,7	69,7	2,4	11	5	2,3
Maïs frais	76	92	80	5,5	13,5	9	3	6,4	4,6	50	60	56	3,8	6,9	6,2	53,8	66,9	62,2	0,9	7,9	2,8	1,4
Maïs vieux. . . .	84	92	86	6	15,5	10	3	7	5	55	65	60	4	7,5	6,5	59	72,5	65,5	1	8,5	3	1,5
Seigle.	76,8	91,5	83,6	8,9	17,5	11,5	1	3	1,7	49,5	68	56,4	3	8	4,9	58	72,9	67,9	1,1	3,9	2	1,8
Froment.	80,4	92	84,6	8	24	12,5	1	3	1,7	48,7	75	55,9	1,5	6	2,4	60,5	77,4	67,4	1,2	6,4	2,7	1,8
Avoine	84	92	87	8,5	18	11,7	4	7,5	6	45	62	53	1,7	4	2,1	46,7	66	55,1	8,5	16,2	10,8	3,1
Dari.	86,2	89,9	87,8	—	—	—	—	—	—	61,2	67,9	63,3	—	—	—	61,2	67	63,3	—	—	—	—
Betteraves. . . .	15	21	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	15	12	—	—	—	1
Topinambours . .	20	24	22	1,9	3,14	2	0,15	0,3	0,12	—	—	—	—	—	—	10	18	14	—	—	—	1,3
Mélasse	75,5	84,2	81,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	55	46,5	—	—	—	10,8

suffisantes ; en outre, ce doit être une eau d'une saveur agréable et inodore, une bonne eau potable. On peut être certain qu'une eau non potable ne convient pas non plus pour la distillerie, et si, malgré cela, on vient à s'en servir, elle devient une cause de dommages plus ou moins grands.

Tout à fait inserviables sont, comme on le sait généralement, les eaux renfermant du fer ou de l'hydrogène sulfuré ; il en est de même pour celles qui sont riches en matières organiques ou dont la pureté est altérée par des résidus de fabriques ou les écoulements de fosses à fumier. C'est aussi un mauvais signe lorsqu'il se trouve dans une eau des infusoires, des monades pédiculés ou des champignons, qui se nourrissent de produits de putréfaction.

Il est absolument nécessaire de faire faire une analyse chimique et micrographique de l'eau, afin de se rendre un compte exact de ses propriétés bonnes ou mauvaises et de savoir si et comment on peut obvier aux conséquences fâcheuses que peut avoir son emploi. Mais malheureusement, le plus souvent, l'eau n'est soumise à un essai exact que lorsqu'il s'est produit dans la fabrication des perturbations, que ne pouvaient trouver ailleurs leur explication.

La différence de composition chimique même des eaux qu'en général on déclare convenables pour l'emploi dans les distilleries a, d'après mes propres observations dans le laboratoire et dans la pratique, une importance beaucoup plus grande pour la dissolution de la diastase du malt et la saccharification de l'amidon que celle qu'on lui a attribuée jusqu'à présent. La fluidification de l'amidon semble, au contraire, ne pas être pour ainsi dire influencée dans ces limites de différence de composition de l'eau.

L'eau de condensation ou l'eau distillée se comportent très favorablement lors de la préparation du moût, les eaux avec une teneur élevée en substance sèche sont moins favorables. Si l'eau présentait une réaction fortement alcaline, il faudrait la neutraliser exactement avec de l'acide phosphorique ou chlorhydrique ; on favorisera ainsi beaucoup la fermentation du sucre. Une réaction très légèrement acide de l'eau diminue déjà beaucoup le pouvoir saccharifiant du malt.

Comme preuve de ce qui vient d'être dit, nous citerons les

nombres suivants, qui se rapportent au pouvoir saccharifiant et fluidifiant d'un seul et même malt. L'extrait de malt 1 a été obtenu avec de l'eau distillée, l'extrait 2 avec l'eau de la conduite ordinaire, telle qu'elle est amenée dans mon laboratoire à Weihenstephan, et le malt 3 avec cette même eau préalablement exactement neutralisée par l'acide phosphorique. Les solutions d'amidon, sur lesquelles agissait l'extrait du malt à 60°, étaient également préparées différemment : la solution 1 avec de l'eau distillée, la solution 2 avec de l'eau de conduite et la solution 3 avec de l'eau de conduite exactement neutralisée par l'acide phosphorique (100 cm^3 de l'eau de conduite amenée dans le laboratoire exigent, pour leur neutralisation exacte, 5,8 cm^3 d'acide sulfurique normal décime).

Extrait de malt préparé avec :

	EAU DISTILLÉE	EAU de conduite.	EAU DE CONDUITE neutralisée.
Fluidification . . dans eau	1,5	1,5	—
Saccharification. distillée.	5,75	7	3,9
Fluidification . . dans eau de	1,5	1,5	—
Saccharification. conduite.	9,25	11	—
Fluidification . . dans eau de conduite	—	—	4,3
Saccharification. neutralisée.			

Les nombres relatifs à la *fluidification de l'amidon* n'offrent dans les différentes expériences aucune différence. Au contraire, le *pouvoir saccharifiant* du malt s'est fait le mieux sentir (3,9) dans le cas où l'extrait du malt préparé avec de l'eau de conduite neutralisée a agi sur un amidon dissous dans l'eau distillée. La bonne valeur qui vient immédiatement après (4,3) a été obtenue dans le cas où l'on a employé de l'eau de conduite neutralisée aussi bien pour la préparation de l'extrait que pour la dissolution de l'amidon. Le résultat le plus défavorable (11,0) a été obtenu avec de l'eau de conduite pure.

Une eau faiblement acidifiée par l'acide phosphorique s'est montrée pour la préparation de l'extrait de malt un peu moins favorable que l'eau distillée ; au contraire, le pouvoir saccharifiant du

malt a été trouvé beaucoup plus faible dans une solution d'amidon préparée avec de l'eau acidifiée que lors d'une expérience parallèle, dans laquelle l'amidon avait été dissous dans de l'eau distillée. Les nombres suivants expriment cette différence : un malt, extrait avec de l'eau distillée, donne dans une solution d'amidon dans l'eau distillée un quotient de saccharification de 5,25 cm^3 et dans une solution d'amidon préparée avec de l'eau acidifiée un quotient de 8 cm^3 ; le même malt extrait avec de l'eau acidifiée donna comme quotient de saccharification 6 cm^3 pour l'eau distillée et 10 cm^3 pour l'eau acidifiée.

Les indications qui précèdent montrent clairement l'action que, par leur différence de composition, les eaux peuvent exercer sur le processus de la saccharification et par quels moyens on peut annuler une influence défavorable. Il est évident que le distillateur ne doit marcher qu'en s'appuyant sur une analyse de l'eau et sur le rapport d'un chimiste habile.

Analyse de l'eau. — Cette analyse sera affectuée d'après les méthodes décrites dans le *Guide pour l'analyse de l'eau* du Dr Ohlmüller [1].

Il faut surtout diriger son attention sur les points suivants : L'eau doit être incolore, inodore et sans saveur. Elle ne doit pas se troubler, ni donner lieu à un dépôt, même après un repos prolongé. Le degré d'alcalinité doit être aussi faible que possible (titrage à l'aide d'une solution d'acide sulfurique normale décime, avec l'orange de méthyle comme indicateur ; voy. Ohlmüller, *loc. cit.*, p. 113).

Les *essais qualitatifs,* en vue de la recherche des sulfates, des chlorures et des azotates, ne doivent indiquer que de faibles traces de ces corps.

L'essai pour azotites, ammoniaque, métaux lourds et hydrogène sulfuré doit démontrer l'absence complète de ces substances.

Il est en outre nécessaire de déterminer, pour savoir si l'eau peut être employée en distillerie, le *résidu total* (à 105°), la *perte*

[1] W. Ohlmüller. *Guide pratique pour l'analyse de l'eau, analyse chimique, microscopique et bactériologique,* édition française, par le Dr L. Gautier. Paris, 1898, Baudry et Cie.

que ce résidu éprouve *par calcination* (au rouge très faible), la *chaux* (CaO), la *magnésie* et l'*oxydabilité* (au moyen du permanganate de potassium ; voy. Ohlmüller, *loc. cit.*, p. 32 et 38).

Il est aussi très souvent nécessaire de doser exactement les *sulfates* et les *chlorures*.

Relativement à l'*essai microscopique*, on se contente d'examiner avec soin le dépôt qui peut se trouver dans l'eau.

Dans tous les cas, la présence de grandes quantités de débris végétaux, d'algues, d'infusoires et de bactéries doit être un obstacle à l'emploi de l'eau.

La présence de particules de substances de nature minérale n'est pas un motif suffisant pour faire rejeter l'eau, lorsqu'elle présente toutes les autres qualités que l'on exige des bonnes eaux potables.

CHAPITRE II

PRÉPARATION DU MALT

L'alcool est, comme on l'a déjà dit (p. 1), le produit de la fermentation de liquides contenant du sucre en dissolution et auxquels, dans l'industrie qui nous occupe, on donne le nom de *moûts* ou de *vins*.

Tandis que les matières premières *renfermant du sucre tout formé* n'ont besoin que d'être mélangées avec de l'eau en proportions convenables pour pouvoir être immédiatement transformées en un moût fermentescible, les matières amylacées se comportent tout autrement. L'amidon de ces matières doit d'abord être transformé en sucre, et cette transformation, nommée aussi saccharification, est produite à l'aide d'acides (voy. p. 33) ou bien comme cela a lieu le plus ordinairement à l'aide de malt, ou, pour parler plus exactement, par l'intermédiaire de la *diastase* ou *amylase* formée dans l'orge maltée.

Cette diastase déjà mentionnée plusieurs fois est, dans la chimie, classée parmi les ferments non figurés. Dans tous les cas, la substance appelée diastase (amylase) possède les deux propriétés suivantes :

1° Elle peut fluidifier l'amidon;

2° Elle peut transformer en sucre l'amidon fluidifié, c'est-à-dire le saccharifier.

Le fait que la diastase, par conséquent le malt, constitue le meilleur aliment pour la levure est presque aussi important.

Le malt sert donc en distillerie, lorsqu'il s'agit de l'alcoolisation de matières amylacées, d'une part pour la saccharification, et d'autre part comme un excellent aliment pour la levure.

Comme on le voit, le traitement des matières amylacées repose

entièrement sur le pouvoir fluidifiant et saccharifiant de la diastase du malt, puisque l'amidon est par lui-même insoluble dans l'eau, et que par suite aussi il n'est pas directement fermentescible. Le maltage n'a donc d'autre but que la production d'une quantité de diastase aussi grande que possible, et aussi, nous pouvons le dire immédiatement, une diastase aussi saine que possible et aussi résistante que possible aux températures élevées. Ce dernier point sera traité ultérieurement avec quelques détails; ici, nous ferons simplement remarquer qu'il peut y avoir de grandes différences entre les différentes diastases.

La préparation du malt est dans la distillation des matières amylacées, une des opérations les plus importantes; de la qualité du malt produit dépend en première ligne le résultat bon ou mauvais de cette industrie. Les fautes qui ont été commises lors de la préparation du malt se font sentir dans toutes les autres opérations et conduisent au résultat final peu satisfaisant : *Production de grandes quantités d'acide, mauvaise fermentation des moûts et rendement en alcool défectueux.*

On a le plus souvent à reprocher au malt fini d'être plus ou moins chargé de mucédinées; ces champignons ne peuvent être que très incomplètement détruits par de hautes températures lors de la préparation du moût, ils passent donc plus ou moins sains et aptes à se développer dans le moût sucré, et par suite préparent souvent à la levure une énorme concurrence, car les températures qui seraient suffisamment élevées pour détruire les mucédinées, rendent aussi inactives les propriétés saccharifiantes de la diastase.

Parmi les différentes défectuosités qui peuvent se produire dans la préparation du malt, je n'en mentionnerai ici qu'une seule; mais elle est une preuve suffisante de la grande importance qu'il faut accorder à la préparation du malt, lorsqu'il s'agit de l'alcoolisation des matières amylacées. C'est donc avec raison que, dans ce cas, on appelle le malt l'âme de la distillerie, et le local où il est préparé — c'est-à-dire le germoir — le sanctuaire de la distillerie.

En effet, aux conditions, sans l'observation desquelles la préparation d'un malt bon et sain est impossible, n'appartiennent pas seulement certaines propriétés du grain brut à malter et de l'eau employée pour cela, propriétés dont il a été déjà question dans le

premier chapitre. Non, la situation du germoir et les conditions dans lesquelles il est établi jouent également ici un rôle important ; ce point sera d'ailleurs l'objet d'un examen approfondi dans les pages suivantes. Ici, une autre question intéressante doit, avant tout, attirer notre attention.

Nous savons que le but du maltage est la préparation d'un malt qui ait pour l'amidon un pouvoir liquéfiant et saccharifiant aussi grand que possible, ou, comme nous pouvons l'exprimer en un mot : un malt aussi riche que possible en diastase.

Il est évident qu'entre la composition de l'orge à malter et la teneur en diastase du malt obtenu avec cette orge, il doit y avoir une certaine connexité. Mais si celle-ci, comme on le croit fréquemment, doit reposer sur ce fait que de l'orge d'un poids par hectolitre peu élevé fournit en général un malt plus riche en diastase qu'une orge plus lourde, cela ne s'accorde pas avec une série de nombreuses recherches ; bien plus, toutes ces expériences n'ont pas prouvé que l'on obtient avec une fréquence suffisante les malts également riches en diastase avec une orge lourde comme avec une orge légère. J'ai obtenu avec des orges pesant 69 à 70 kg. à l'hectolitre des malts verts, qui offraient les mêmes pouvoirs de saccharification et de fluidification que ceux qui avaient été préparés avec des orges dont l'hectolitre ne pesait que 53 kg. et moins.

Si le praticien donne la préférence à l'orge légère et la malte, c'est donc parce qu'elle a coutume d'être moins chère. Même des orges ne pesant que 50 kg. à l'hectolitre, en admettant qu'elles aient un pouvoir germinatif élevé, c'est-à-dire qu'elles germent à environ 95 à 96 p. 100, donnent encore un très bon malt riche en diastase.

L'essai du malt au point de vue du pouvoir saccharifiant et fluidifiant sera décrit dans une autre partie de cet ouvrage (Chap. XI). La méthode indiquée pour cet essai, qui est extrêmement important pour la pratique, est simple et tout à fait satisfaisante.

Avant d'entrer dans la description de la pratique du maltage, nous devons tout d'abord exposer les *conditions générales de la germination* et les *processus qui l'accompagnent*. Ces notions ont pour le malteur une importance d'autant plus grande qu'elles doivent servir de base à tout son travail, qui fréquemment exige une

certaine habileté dans les manipulations, habileté que l'on peut acquérir dans la pratique, mais qu'un livre ne peut pas nous apprendre d'une manière suffisante.

Pour que le processus de la germination se déclare, il est nécessaire que l'orge absorbe de l'eau. Pour que la germination suive son cours, trois conditions doivent être remplies ; il faut :

1° De l'humidité ;

2° De l'air ;

3° De la chaleur.

Les semences sèches ne germent pas. L'orge séchée à l'air renferme en moyenne environ 12 à 14 p. 100 d'eau ; mais cette teneur en eau ne suffit pas pour la germination, elle doit être portée au taux nécessaire, à environ 40-45 p. 100, au moyen de l'*opération du mouillage*. Pendant son développement sur l'aire du germoir, le malt doit aussi être arrosé de temps en temps. Ce mouillage complémentaire est à conseiller, lorsqu'il s'agit du travail d'orges anormales, par exemple d'orges récoltées dans de mauvaises conditions et déjà en partie poussées. Il faut d'ailleurs éviter autant que possible un arrosage sur l'aire du germoir, ou du moins ne l'effectuer qu'avec des précautions particulières, par exemple, à l'aide d'un appareil à pulvérisation, afin de pouvoir produire une humectation tout à fait uniforme et peu intense.

Relativement à la *chaleur nécessaire pour la germination*, les limites sont assez larges. A partir de 5 à 6°, la plupart des plantes germent, bien que très lentement; mais c'est à 20-25° que la germination se fait le plus rapidement. A 30-35°, la germination cesse.

Mais la température de 20-25°, la plus favorable pour le développement de la petite plante, n'est pas du tout observée dans la pratique par le malteur expert, et elle ne doit même pas l'être. Il est vrai que de cette façon on ralentit le développement de la radicule et de la plumule, mais on obtient un malt d'autant plus sain, d'autant plus exempt de moisissures et d'autant plus riche en diastase que la température à laquelle le malt s'est développé était plus basse. Mais il est aisé de comprendre que le malt préparé à basse température exige aussi un temps plus long pour croître et mûrir, et que par suite, dans ce cas, on doit avoir à sa disposition un germoir avec une aire d'une surface plus grande.

Pour que le processus de la germination se déclare, l'apport de certaines quantités de chaleur est nécessaire. Le malteur satisfait à cette exigence en disposant au début sur l'aire du germoir l'orge mouillée en une couche épaisse ou en tas élevés, afin d'éviter ainsi une déperdition de chaleur. En général, il n'est pas convenable de couvrir le premier tas avec des toiles ; ce n'est que lorsqu'on malte du maïs, qui veut être traité à une température de 25 à 30° dans le tas, que l'on couvre le premier tas avec une toile plongée dans de l'acide fluorhydrique très étendu.

Couvrir le malt en voie de développement, afin d'éviter des pertes de chaleur, s'accorde mal avec la condition la plus importante pour l'obtention d'un malt énergique et sain, avec l'*apport d'air*. Dans la germination, comme dans la respiration, de l'oxygène de l'air est absorbé et du carbone est transformé par oxydation en acide carbonique. Dès l'instant où de l'air, et par suite de l'oxygène n'est pas offert à la jeune plante en quantité suffisante, l'accroissement s'arrête. Des semences, placées dans de l'huile ou au-dessous de mercure, ne germent pas à cause du manque d'air.

Mais l'apport d'air frais et sain doit aussi avoir pour conséquence l'élimination de l'acide carbonique, nuisible à la germination, qui s'est accumulé dans le tas de malt. Une teneur de 4 p. 100 en acide carbonique, teneur qui existe dans les premiers jours de la germination par suite de la mise en tas du grain sur l'aire du germoir, peut réduire aux deux tiers la respiration du malt. D'après ce qui vient d'être dit, il est évident pour tout le monde que l'on doit faire en sorte qu'il y ait dans le germoir une ventilation énergique, qu'il soit pourvu de prises d'air frais, qu'il ne renferme jamais d'air vicié et que surtout, lors du pelletage du malt, un courant d'air énergique entraîne l'acide carbonique produit.

Si maintenant on abandonne à elle-même de l'orge mouillée à la température de 15°, la vie se réveille dans le germe. A l'extrémité du grain d'orge où se trouve le germe, on voit poindre la *radicule* sous forme de filaments blancs, qui s'enchevêtrent de plus en plus. La *plumule*, de laquelle naît la première feuille, se développe sous le tégument externe du grain et apparaît à l'autre extrémité de ce dernier; la plumule, primitivement blanche, prend bientôt à la

lumière une couleur verte. Avec les céréales gymnospermes, comme le seigle, le froment, la radicule et la plumule apparaissent à la même extrémité du grain.

Si les conditions favorables à la germination ne sont pas observées, la végétation s'arrête. Si, par exemple, il manque d'humidité, il faut y remédier par un mouillage complémentaire, c'est-à-dire par un arrosage du jeune malt sur l'aire du germoir.

Le développement du germe a lieu aux dépens des substances qui sont contenues dans le noyau farineux du grain ; ces substances pourvoient aux premiers besoins de la nutrition, tant que la jeune plante ne peut pas elle-même se procurer les aliments nécessaires. La germination entraîne donc nécessairement une certaine perte de matière, et il faut faire en sorte qu'elle ne devienne pas inutilement trop grande. Une croissance trop longue du malt, d'où résulte un malt *trop mûr, trop développé*, a par suite pour conséquence une grande perte en substance fermentescible, en amidon. D'un autre côté, si l'on arrête trop tôt le développement du grain, pour éviter autant que possible des pertes en matière amylacée, on obtient un malt qui manque de maturité et ne possède pas encore la force diastasique nécessaire. La radicule et la plumule doivent avoir atteint une certaine longueur pour que le malt soit mûr et réponde à toutes les exigences.

On a déjà dit que l'air est nécessaire pour la germination. L'oxygène de l'air est absorbé par la semence qui germe et en échange de l'acide carbonique est rendu à l'atmosphère. La germination est donc un processus d'oxydation, une combustion lente. Dans ce processus, la température de la céréale en germination s'élève de façon que l'on soit obligé de faire en sorte de produire un refroidissement. En retournant et pelletant le malt, on a pour but non seulement de l'aérer, mais encore de régler ou d'abaisser la température de la masse. Un malt préparé à basse température, mais que l'on a laissé croître pendant un temps suffisamment long, est plus sain, moins chargé de mucédinées, plus résistant aux hautes températures qu'un malt obtenu à une température élevée, et les pertes en substance fermentescible sont dans le premier cas moins grandes que dans le dernier.

Pratique de la préparation du malt vert, spécialement avec l'orge.

Le travail du maltage comprend les opérations suivantes :

1° Le mouillage ou la trempe de l'orge ;

2° Le lavage de l'orge ;

3° Le traitement de l'orge trempée sur l'aire du germoir ou sa transformation par germination en malt vert (Disposition des germoirs ou des caves de malterie) ;

4° Le maltage de l'orge anormale, ainsi que du seigle, de l'avoine, du froment et du maïs ;

5° Le concassage du malt vert.

1. Mouillage ou trempe de l'orge.

Le *mouillage* doit apporter à l'orge l'humidité nécessaire pour sa germination, et en outre, dans les usines où il n'y a pas d'appareil laveur particulier, débarrasser les grains de la poussière et des autres substances qui les salissent. La trempe a lieu dans la *cuve-mouilloire*, qui est établie non pas sur l'aire elle-même du germoir mais à un niveau supérieur et ne doit communiquer avec le germoir qu'à l'aide d'une trémie de décharge. La cuve-mouilloire ne doit jamais être exposée à l'air libre, parce qu'en hiver un refroidissement intense de l'eau de mouillage augmenterait inutilement la durée de la trempe et qu'il serait ainsi enlevé au grain des substances utiles, qui se perdraient avec l'eau de mouillage. La congélation de celle-ci doit être absolument évitée, parce qu'elle est très nuisible à l'orge. Enfin, il est indispensable que l'eau puisse être amenée dans la cuve et en être éliminée avec facilité.

On emploie encore fréquemment comme cuves-mouilloires, surtout dans les petites distilleries, des *tonneaux en bois* de faible diamètre et d'une assez grande hauteur. L'usage de ces vases doit absolument être déconseillé, pour deux raisons : d'abord, il est extrêmement difficile de tenir propres et de désinfecter de pareils dispositifs, car les matières visqueuses provenant de l'orge soumise au mouillage pénètrent dans les joints et les pores du bois, d'où un nettoyage du tonneau ne peut pas les éliminer, et réapparaissent

ensuite lors d'un nouveau remplissage du vase avec l'eau de mouillage et le grain. Il ne faut pas s'étonner si alors une orge irréprochable donne un malt défectueux. Un tonneau en bois élevé doit être rejeté comme cuve-mouilloire, parce qu'il ne peut pas être maintenu suffisamment propre, et en outre la couche *élevée* qu'y forme le grain empêche l'absorption uniforme de l'eau et une égale pénétration de l'air dans toutes les parties de la masse, ce qui a ultérieurement pour conséquence le développement irrégulier du malt.

Nous repoussons complètement les cuves-mouilloires en bois, parce que ce dernier est une matière molle et poreuse. Des bassins quadrangulaires construits en briques et revêtus de ciment intérieurement et extérieurement sont des cuves-mouilloires bien plus convenables, et les dispositifs en fer méritent encore plus d'être recommandés. Il est tout à fait indispensable que toute cuve-mouilloire soit disposée de façon que l'eau pure puisse y pénétrer par en bas, que celle-ci puisse traverser toute la couche d'orge et s'écouler par en haut en entraînant les impuretés qui adhéraient à l'orge et les grains légers. C'est seulement de cette façon que l'on obtient le nettoyage de l'orge, qui est absolument nécessaire. Cette disposition peut être établie partout sans difficultés et à peu de frais, dès qu'il y a seulement dans la conduite de l'eau une certaine pression.

Nous indiquerons comme tout à fait pratique la cuve-mouilloire en fer, à fond conique, représentée par la figure 4. Elle consiste en un vase cylindrique, dont le fond a la forme d'un cône. Dans le milieu de ce vase se trouve un tube muni de nombreux trous, par lequel est amenée l'eau nécessaire pour le lavage et la trempe de l'orge. Le robinet à trois voies adapté à la pointe du cône permet l'entrée aussi bien que la sortie de l'eau. Lorsque la trempe est achevée, on remonte le tube perforé en soulevant le levier auquel il est fixé, puis on ouvre la soupape qui ferme la pointe du cône, et la cuve se vide. Sur le bord supérieur du cylindre est adaptée une gouttière de trop-plein (non visible dans la figure) pour l'eau de lavage et les grains légers ; ce dispositif est très employé, mais le tube central perforé est généralement supprimé.

L'opération de la trempe de l'orge est pratiquée de la manière

suivante : la cuve est d'abord remplie à moitié avec de l'eau propre et, si c'est possible, assez chargée de sels calcaires; le grain à tremper, préalablement bien nettoyé à l'aide de tarares, est chargé dans la cuve et agité dans l'eau avec soin, afin que les grains légers, stériles, se séparent des grains lourds, bien développés et montent à la surface. L'agitation terminée, le niveau de l'eau doit se trouver à peu près à 15 ou 20 cm. au-dessus de l'orge.

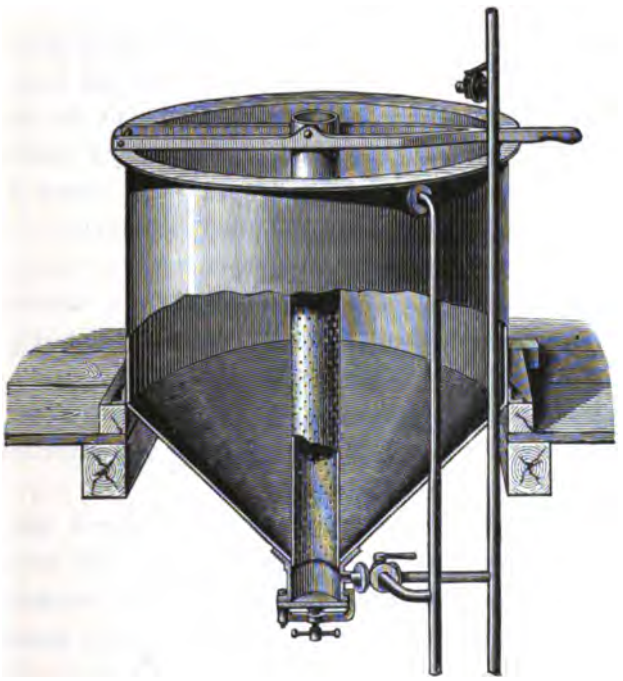


Fig. 4. — Cuve-mouilloire en fer.

Si l'accès de l'air dans la masse des grains a lieu inégalement, le développement du malt sur l'aire du germoir ne sera pas uniforme, ce qui naturellement entraîne des pertes et doit par suite être évité.

Dans les quatre premières heures, on enfonce fréquemment les grains flottants, afin de noyer ceux qui étaient retenus à la surface par des bulles d'air, et l'on enlève les grains stériles qui surnagent encore, parce qu'ils ne germent pas.

L'eau de mouillage enlève à l'orge des substances dites extrac-

tives et des sels qui lui communiquent une couleur jaune, et elle devient facilement acidule et acquiert une odeur désagréable, par suite de la décomposition des matières dissoutes. Il est absolument nécessaire d'empêcher qu'il en soit ainsi, et dans ce but il faut *changer fréquemment* l'eau, afin d'éliminer les corps décomposables. Faisons encore remarquer à ce sujet que l'on ne doit employer pour la trempe de l'orge qu'une eau tout à fait pure et saine.

La première eau de mouillage renferme non seulement le plus de substances extractives, mais encore le plus des impuretés de l'orge, et déjà pour cette raison elle doit au bout de très peu de temps, après quatre à six heures, être séparée des grains et remplacée par de la fraîche. Avant chaque changement d'eau, on agite avec soin le contenu de la cuve, afin d'éliminer les impuretés qui se sont déposées et les matières visqueuses. Plus tard, le renouvellement de l'eau a lieu toutes les vingt-quatre heures dans la saison froide et toutes les douze heures, et quelquefois plus souvent, dans la saison chaude.

On peut dire que le renouvellement fréquent de l'eau ne nuit jamais ; mais qu'un renouvellement trop rare rend impossible l'obtention d'un malt sain.

Pour obtenir un nettoyage complet de l'orge à tremper, on ajoute un agent antiseptique à la première eau de mouillage et quelquefois aussi à la seconde. Mais il faut alors prendre les précautions nécessaires pour ne pas nuire au pouvoir germinatif du grain. La chaux non éteinte ou le bisulfite de chaux sont les agents les plus convenables pour la désinfection. Du dernier on emploie à peu près un demi-litre pour 100 litres d'eau et on le laisse agir sur l'orge pendant quatre heures, après quoi on l'élimine, puis on verse sur le grain de l'eau fraîche, pure, sans aucune addition. Il ne sera que rarement nécessaire d'ajouter à la deuxième eau de mouillage du bisulfite de chaux, parce que l'action de ce désinfectant est très énergique.

Si l'on veut employer la chaux, on prend, pour 100 kg. d'orge à tremper, 1 kg. de chaux vive. On introduit celle-ci dans la première eau de mouillage — avant de charger l'orge — en brassant, on dissout toute la chaux, on ajoute l'orge et on la laisse en con-

tact pendant une heure avec l'eau de chaux. On évacue ensuite celle-ci et on la remplace par de l'eau fraîche. Il est évident que, par cette addition, le nettoyage du grain est considérablement favorisé et que la production de moisissures dans le malt sur l'aire du germoir est enrayée..

Il est très convenable, pendant le mouillage de mettre l'orge de temps en temps en contact avec l'air, par conséquent de la faire respirer. Dans ce but, on ne remplace pas immédiatement l'eau que l'on vient d'évacuer par de l'eau pure et fraîche, mais avant de renouveler le liquide écoulé, on abandonne l'orge au repos, sans eau, pendant quatre à six heures.

Il est difficile de donner en jours et heures une indication généralement applicable relativement au temps que doit durer le mouillage, car ce temps varie avec l'espèce et la qualité de l'orge, avec la composition de l'eau, avec sa température et celle du local où se trouve la cuve-mouilloire. La trempe des orges d'années très sèches et de celles qui sont emmagasinées depuis longtemps est plus longue que pour les grains d'années humides ou que pour ceux qui ne sont récoltés que depuis peu de temps. Les céréales à tégument épais exigent pour leur mouillage plus de temps que celles à mince tégument. L'orge à grains épais et pleins demande aussi plus de temps pour sa trempe qu'une orge légère. Il faut aussi tenir compte de la situation et du mode de construction du germoir et de la température qui y règne ; enfin, le degré de développement que doit atteindre la plumule doit également être pris en considération. Si l'on veut un malt avec une longue plumule, on donnera une trempe énergique, c'est-à-dire qu'on laissera l'orge dans l'eau pendant longtemps.

Il est bien plus rationnel, pour savoir si ce mouillage est à point, de considérer non pas la durée du mouillage de l'orge, mais la pénétration de l'eau dans le grain et les changements qui en sont la conséquence. Différents caractères extérieurs permettent de reconnaître si la trempe est suffisante ; par exemple, les grains, saisis par les pointes entre le pouce et l'index, ne doivent pas piquer ; ils doivent se laisser écraser ; le tégument externe doit alors se séparer du noyau farineux, ou ce tégument doit se détacher lorsqu'on plie le grain sur l'ongle. Disons aussi que le grain coupé, frotté sur

du bois, doit laisser un trait analogue à celui que donne la craie.

Le signe qui indique de la manière la plus satisfaisante que la trempe est terminée est le suivant : on doit trouver encore au centre du grain un point ayant à peu près la grosseur d'une tête d'épingle et nettement reconnaissable à une teinte plus claire, ce qui est l'indice que le grain ne s'est pas encore complètement saturé d'eau. Une orge dans laquelle ce signe n'existe pas est généralement déjà trop mouillée et ne germe pas du tout ou seulement d'une façon tout à fait défectueuse.

La trempe est achevée au bout de trente-six à quarante-huit heures dans la saison chaude et seulement au bout de trois ou quatre jours dans les mois froids. L'eau et le local où a lieu le mouillage ne devraient jamais être assez froids pour que la trempe exige un temps plus long. Les grains gymnospermes, comme le seigle ou le froment, demandent en général pour leur trempe trente-six à quarante-huit heures, par conséquent moins de temps que l'avoine et l'orge.

Il est très important d'atteindre le degré exact du mouillage. Abstraction faite du mouillage exagéré de l'orge et de ses conséquences fâcheuses, une orge trop peu trempée se dessèche facilement sur l'aire du germoir, et lorsqu'on n'y remédie pas au moyen d'un arrosage pratiqué à temps, les radicules jaunissent et la végétation s'arrête. Mais, en général, une trempe insuffisante est moins nuisible qu'un mouillage trop intense. Cependant, il ne faut pas oublier que moins l'orge est normale et saine, plus la trempe doit être courte, parce que les grains mauvais et malades absorbent l'eau beaucoup plus rapidement que les grains sains.

Lorsque l'orge est convenablement trempée, on évacue l'eau et on laisse le grain pendant plusieurs heures encore dans la cuve-mouilloire, les robinets de vidange étant ouverts, afin qu'il s'égoutte convenablement. Ce n'est qu'après cela que l'on fait tomber l'orge pas la soupape ou le trou d'homme sur l'aire du germoir.

La cuve-mouilloire est ensuite lavée à l'aide d'une brosse et de l'eau chaude, puis arrosée avec de l'eau froide et chaulée.

Les changements qui se produisent, par suite d'absorption d'eau pendant le mouillage, sont les suivants : avec 100 *parties*

en poids d'orge séchée à l'air, on obtient environ 145 parties d'orge trempée.

100 volumes d'orge donnent 125 à 130 volumes d'orge mouillée; il y a, par suite, une augmentation de volume de 25 à 30 p. 100. Cela ne doit pas être oublié relativement à la grandeur de la cuve-mouilloire.

100 kg. d'orge exigent une capacité de cuve-mouilloire de 300 litres.

2. Lavage de l'orge.

Le *lavage de l'orge* préalablement bien nettoyée est incontestablement le meilleur moyen pour obtenir une fermentation pure. On ne peut obvier au développement de schyzomycètes dans le malt aux dépens de la matière première qu'en soumettant l'orge à un lavage soigné. En outre, il n'y a qu'un malt pur qui puisse fournir au ferment une nourriture saine ; seul, un malt pur permet d'effectuer le démêlage à basse température dans la cuve-matière et par suite, de réduire la consommation de malt. Enfin, on peut encore, avec une orge non irréprochable, ayant l'odeur de renfermé, obtenir, en traitant préalablement le grain dans un laveur, un malt sain, par conséquent employer encore avec avantage une matière de peu de valeur. La distillerie agricole, qui fréquemment travaille des matières difficiles à vendre et impossibles à utiliser autrement devrait mettre à profit beaucoup plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent le grand avantage qui résulte du lavage de l'orge. A ce propos, il ne faut pas oublier que dans les cuves-mouilloires de construction ordinaire il est difficile de soumettre l'orge à un lavage réellement efficace.

Je vais indiquer dans les pages suivantes quelques laveurs tout à fait simples et peu coûteux, mais établis dans de bonnes conditions, et je ferai remarquer que l'on peut, dans ces appareils, effectuer aussi bien le lavage que la trempe du grain. Dans tous les cas, les cuves-mouilloires devraient disparaître, au moins dans les nouvelles installations et céder la place aux appareils à tremper et à laver l'orge.

Un appareil de ce genre est représenté par la figure 5 ; il est en bois et établi aussi simplement que l'on puisse imaginer. L'eau de

lavage pénètre dans le tambour en bois par l'un de ses fonds ; elle entraîne, en passant à travers l'orge, les matières étrangères mélangées avec celle-ci et sort, chargée de ces matières, par un ajutage adapté dans le fond opposé. L'orifice d'écoulement de l'eau est muni d'une plaque de tôle perforée, afin de retenir les grains d'orge.

Une petite porte avec fermeture à étrier sert pour le chargement du tambour avec l'orge à laver et à tremper. Le tambour est mis en rotation au moyen d'une courroie jetée directement sur l'une

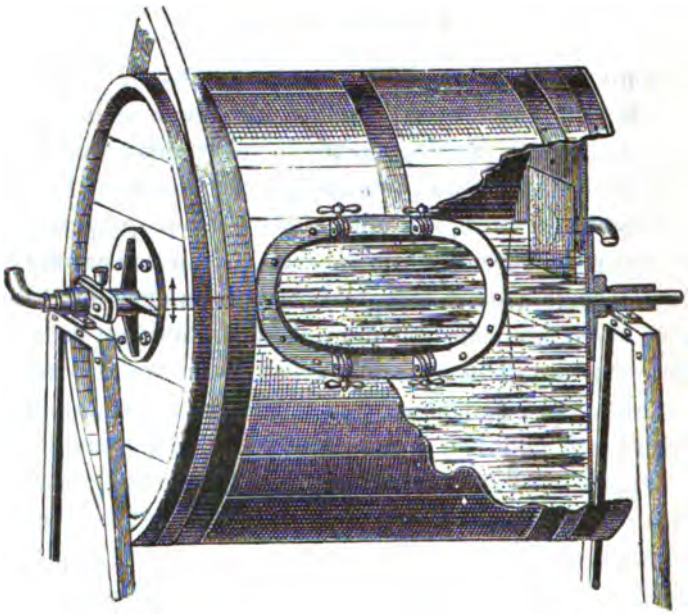
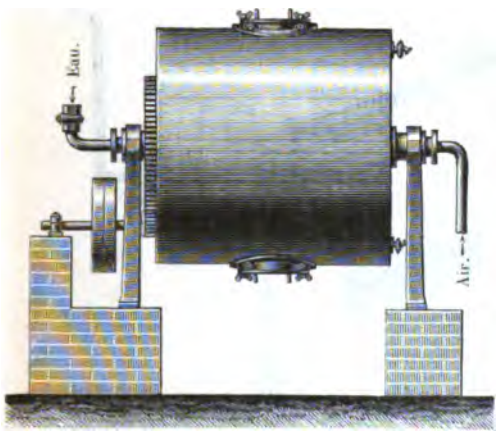


Fig. 5. — Appareil pour le lavage et la trempe de l'orge.

de ses extrémités. Pendant que le tambour tourne, son contenu est brassé sans interruption et les grains se nettoient par suite de leur frottement réciproque ; un écrasement des grains n'est pas à craindre, non plus qu'une simple contusion. Pour vider l'appareil, on le tourne de façon que le trou d'homme se trouve en dessous, on enlève la fermeture et on laisse tomber l'orge avec l'eau dans un panier en osier. En imprimant au tambour un mouvement d'oscillation, on arrive facilement à vider l'orge jusqu'au dernier grain.

Une longue expérience m'a montré que cet appareil en bois est

tout à fait suffisant pour les besoins des petites distilleries agricoles. Il offre cependant, sans entraîner une grande dépense pour sa construction, tous les avantages : la trempe des grains est uniforme et, par suite, ils sont tous suffisamment mouillés au bout du même temps et leur développement sur l'aire du germoir se fait également. Il y a moins de grains flottants que lors de la trempe dans une cuve-mouilloire, car les grains les plus légers sont aussi forcés d'absorber de l'eau. L'orge trempée est de couleur claire, elle a une odeur agréable, non acidule, et le malt se développe exempt de mucédinées, si seulement il est traité suivant les règles



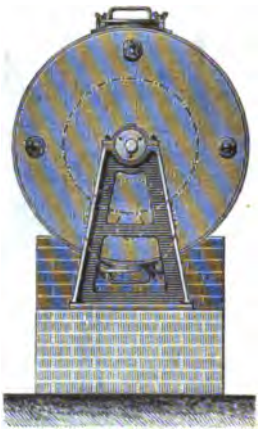


Fig. 6. Fig. 7.

Appareil de Hentschel pour le lavage et la trempe de l'orge.

sur une aire saine. Enfin, j'insisterai encore une fois sur la possibilité que l'on a de pouvoir préparer, à l'aide de ce procédé de lavage et de trempe, un malt sain avec une orge de peu de valeur, sale, sentant le renfermé. On peut au besoin ajouter à l'eau de mouillage un agent antiseptique, par exemple, du bisulfite de chaux.

Le tambour représenté par les figures 6 et 7, qui est en tôle et par conséquent plus solide et plus durable, doit être recommandé pour une grande fabrication ; il est construit par Otto Hentschel, de Grimma (Saxe).

Le tambour en fer construit par Lemböck et Linke, de Stadtamhof, près Regensburg, mérite d'attirer l'attention ; il est représenté par la figure 8. Par suite du mode particulier de suspension du tam-

bour, l'orge, pendant que l'appareil est en marche, subit un mouvement beaucoup plus énergique que celui auquel elle est soumise dans les deux appareils précédents. Ici, naturellement, la consommation de force est aussi proportionnellement plus grande.

La trempe et le lavage de l'orge à l'aide d'air comprimé dans la cuve-mouilloire doivent être vivement recommandés pour les grandes distilleries ou malteries.

Dans les dispositifs construits par Oscar Bothner, de Leipzig, de l'air comprimé est refoulé dans la cuve-mouilloire où se trouve l'orge. L'air arrivant sous une forte pression communique à tout

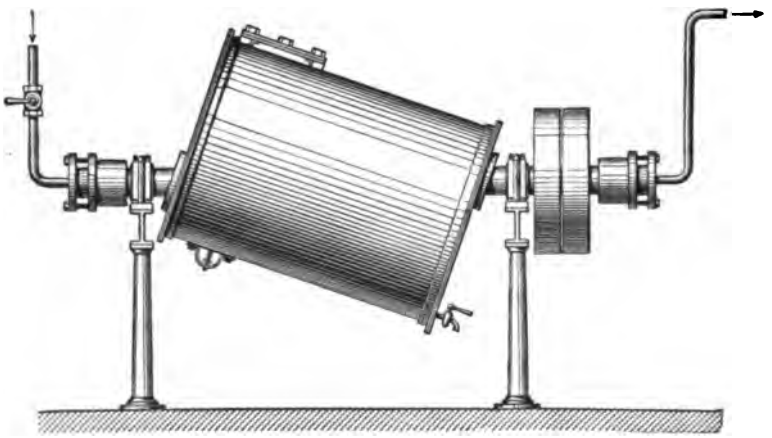


Fig. 8. — Appareil de Lemböck et Linke pour le lavage et la trempe de l'orge.

le contenu de la cuve un mouvement d'ondulation uniforme, par suite duquel la masse semble être en ébullition. Il se produit entre les grains un frottement doux, et ceux-ci sont ainsi complètement nettoyés.

En dehors de la cuve-mouilloire, immédiatement au-dessous du fer à cornière qui renforce la cuve à sa partie supérieure, est adaptée une caisse de trop-plein. L'eau sale résultant du lavage passe dans cette caisse par une fente étroite ménagée dans la paroi de la cuve ; l'orge entraînée est retenue par un tamis placé dans la caisse. Grâce à ce dispositif d'écoulement de l'eau par en haut, qui est le seul rationnel, la séparation de toutes les impuretés d'avec l'orge soumise au mouillage peut se faire par la voie la plus courte. L'eau sale n'a pas besoin, contrairement à ce qui a

lieu dans les cuves-mouilloires primitives, de traverser d'abord de nouveau toute la couche d'orge avant de s'écouler au dehors ; s'il en était autrement, le but du lavage serait plus ou moins compromis, parce que les matières impures resteraient en partie sur la couche de grains ou entre ces derniers.

On a déjà dit précédemment que, même pendant la trempe, l'orge a besoin d'air, qu'elle doit respirer même dans cette période, et l'on a recommandé de ne pas ajouter de nouvelle eau fraîche immédiatement après l'évacuation d'une eau de mouillage, mais de

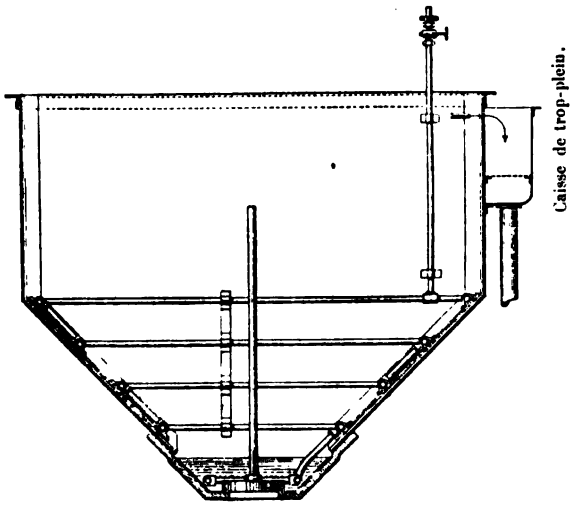


Fig. 9. — Cuve-mouilloire infundibuliforme de Bothner pour le lavage avec air comprimé ; coupe verticale.

laisser l'orge sans eau exposée à l'air pendant quelques heures. L'appareil à mouiller et à laver l'orge de Bothner permet précisément de pourvoir, de la manière la plus heureuse, au moyen d'air comprimé, à ce besoin du grain soumis à la trempe, et je puis dire, me basant sur ma propre expérience, que ce dispositif fournit d'excellents résultats. Le lavage, l'aération et l'agitation produisent dans la masse soumise à la trempe un changement tel que les grains qui se trouvaient dans le voisinage du fond de la cuve viennent occuper les couches supérieures et réciproquement. Par conséquent, l'orge qui se trouve en dessus ne reste pas à sec chaque fois qu'on change l'eau, comme cela a lieu sans le dispositif de Bothner Par ce levage à fond et cette aération uniforme, on obtient une

orge trempée de bonne qualité, dont tous les grains sont également mouillés, et qui fournit un malt vert exempt de moisissures,

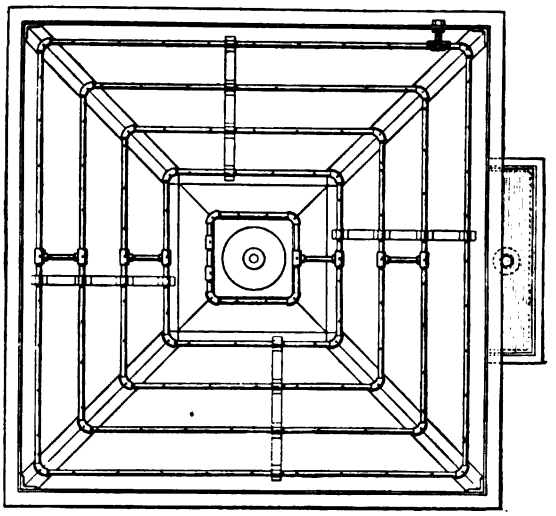


Fig. 10. — Cuve-mouilloire infundibuliforme ; plan.

d'un développement uniforme et exhalant une odeur agréable. Toute mauvaise odeur est, en effet, éliminée du grain soumis au mouillage par l'air comprimé.

Les figures 9 et 10 représentent une cuve-mouilloire infundi-

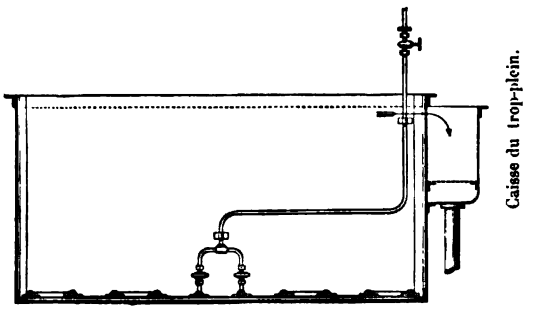


Fig. 11. — Cuve-mouilloire plate pour le lavage avec air comprimé ; coupe verticale.

buliforme, les figures 11 et 12 une cuve plate; les tubes pour l'introduction de l'air comprimé sont visibles dans ces figures. Le plan de la cuve infundibuliforme, qui est donné dans la figure 10,

permet de se rendre un compte exact de la disposition des tubes. L'air est comprimé à l'aide d'une pompe.

Les appareils de lavage mentionnés jusqu'ici conviennent pour le nettoyage des céréales, c'est-à-dire de l'orge, du seigle et du froment, surtout parce qu'ici le mélange des grains avec l'eau a lieu si doucement que les grains et spécialement leur enveloppe ne sont pas endommagés. Au contraire, avec un mélange énergique des grains avec l'eau, comme on peut l'observer, par exemple, dans les laveurs avec appareils agitateurs à ailettes ou autres, cela serait toujours à craindre. Si même le tégument externe du grain ne

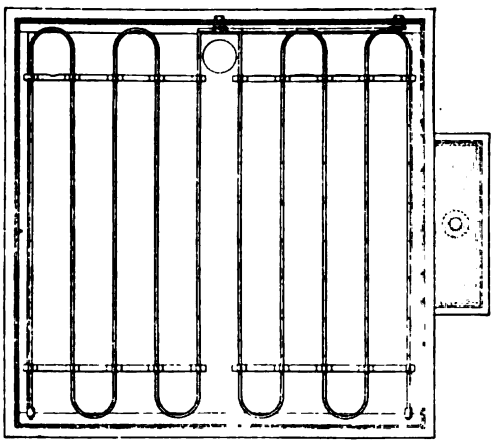


Fig. 12. — Cuve-mouilloire plate ; plan.

présente qu'une fissure extrêmement petite, les impuretés, les spores de mucédinées et des ferments acides contenus dans les eaux de lavage et de mouillage pénètrent dans cette fissure et donnent naissance à des organismes ayant sur le malt une fâcheuse influence.

Pour les matières premières plus dures et plus lourdes, comme le maïs, par exemple un des dispositifs qui viennent d'être décrits serait insuffisant; ici, on se sert d'appareils laveurs analogues à ceux qui sont en usage pour les pommes de terre. La figure 13 représente un appareil de ce genre, qui mérite d'être recommandé pour le lavage du maïs plutôt que pour celui de l'orge.

Si le lavage des matières premières à malter n'est pas effectué dans la cuve elle-même, mais dans une machine à laver particu-

lière, il ne faut pas oublier que l'on ne réussit complètement à obtenir le nettoyage désiré que si la matière soumise au lavage a eu l'occasion, pendant une période de mouillage de un ou deux jours, de se débarrasser par macération des impuretés adhérentes.

Nous mentionnerons encore ici d'autres appareils laveurs éga-

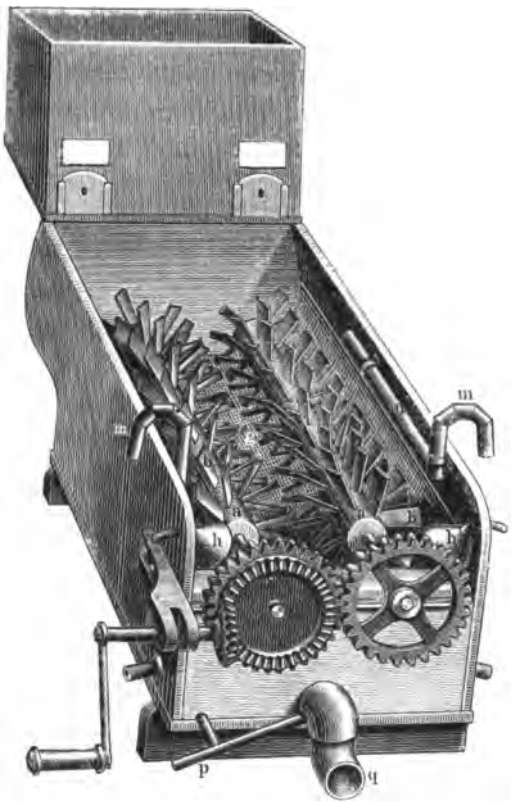


Fig. 13. — Machine à laver de Koch.

lement excellents, tels que, par exemple, ceux de Bergmüller, de Weissmüller, de Riebe, etc.

3. Traitement de l'orge trempée sur l'aire du germoir ou transformation de l'orge en malt vert par germination.

(*Disposition des germoirs ou des caves de malterie.*)

Il est évident qu'il ne peut s'agir ici de donner pour la préparation du malt vert une recette absolument exacte et applicable à

tous les cas. Cela est impossible, car non seulement l'orge à malter diffère dans chaque distillerie, mais encore toutes les autres conditions qui influencent le maltage, l'eau, la température extérieure, celle du germoir, l'aire de ce dernier, etc., varient non seulement de distillerie à distillerie, mais encore sont souvent soumises dans la même usine à des variations journalières. Au lieu d'une recette, dont chaque fois on suit les prescriptions aveuglément et sans autre cassement de tête, je ne puis exposer ici que les principes généraux sur lesquels on doit se baser pour la préparation d'un malt sain et riche en diastase. Je montrerai le but vers lequel on doit tendre, et en général j'indiquerai la voie qui y conduit. C'est au distillateur de reconnaître à chaque fois la voie qui convient pour ses conditions spéciales.

Lorsque l'orge est convenablement trempée, on évacue l'eau de mouillage, puis on retire le grain de la cuve et on le transporte sur l'aire du germoir. Dans ce local, la cave à malt, l'orge est d'abord disposée en une couche de 20 à 30 cm. de hauteur et pelletée toutes les six ou huit heures ; le grain doit extérieurement sécher uniformément, mais l'intérieur doit rester imprégné d'eau.

Le pelletage a pour but de mélanger les grains desséchés par l'air, qui sont à la surface de la couche d'orge, avec les grains humides qui se trouvent dans son milieu, afin qu'ils reprennent à ces derniers l'humidité qui peut leur manquer.

La première des trois conditions indispensables pour le développement du germe, l'*humidité*, se trouve donc satisfaite ; la seconde, la *chaleur*, doit aussi maintenant être remplie. Dès que les grains sont extérieurement séchés uniformément, il faut donner à la couche de malt une *plus grande hauteur*, 30, 40 et même 50 cm., suivant la température extérieure et aussi suivant celle qui règne dans la cave elle-même, suivant le degré du mouillage que le grain a atteint, etc. La quantité de l'orge traitée à la fois joue également ici un certain rôle.

Je ferai remarquer ici, une fois pour toutes, que le malteur même le plus habile doit avoir dans sa cave à malt au moins deux thermomètres donnant des indications exactes. L'un est suspendu, si c'est possible, dans le milieu du local au plafond, mais non contre les murs et il est destiné à contrôler la température de

l'air ; l'autre sert pour l'observation de la température dans les différents tas de malt. Il ne faut pas se contenter d'apprécier la température à l'aide de la main, ce qui a lieu encore fréquemment, et conduit souvent à des erreurs funestes. On doit considérer une température de 10 à 15° comme une moyenne convenable pour l'air du germoir. De plus hautes températures rendent presque impossible l'obtention d'un malt riche en diastase.

Plus est basse la température extérieure, ainsi que celle de la cave à malt elle-même, plus la couche doit être haute, afin qu'il se produise dans le tas un échauffement spontané. Ce dernier se manifeste alors promptement, et avec lui l'activité vitale du grain : l'orge *perce* ou *pointe*, c'est-à-dire que les radicelles apparaissent.

La surveillance et le traitement du tas est à ce moment d'une grande importance, car si à l'intérieur de ce dernier on laisse s'élever fortement la température, on voit se produire un développement extraordinairement rapide des radicelles et plus tard du germe foliacé ou de la plumule, et l'on a un malt inégalement développé.

On s'oppose à cette germination trop rapide en pelletant avec soin le tas de malt, opération dans laquelle on met les grains en contact avec l'air à l'aide de la pelle, de façon à obtenir un refroidissement uniforme, mais pas trop intense. En outre, on abaisse un peu le tas, en augmentant sa surface d'un quart environ.

Le traitement ultérieur du malt par pelletage des tas et extension de leur surface est maintenant dirigé exclusivement d'après la température à l'intérieur de la masse. *Qu'on retienne comme principe de ne jamais laisser monter la température dans le malt au-dessus de* 17°,5. *Lorsqu'on a à sa disposition une grande surface de germoir, on peut, et cela est préférable, admettre* 15° *comme température maxima.* On obtiendra un malt d'autant plus beau et plus sain, mais alors le travail du germoir sera plus long et ce dernier devra être plus grand.

Il n'est pas rationnel que le malteur retourne son malt une fois pour toutes à des moments déterminés, par exemple, du matin et du soir. Il est convenable de le pelleter régulièrement trois fois dans les vingt-quatre heures.

Des observations et des expériences nombreuses m'ont prouvé

qu'un échauffement du malt de 17°,5 à 20° suffit pour qu'il se produise une rétrogradation dans le pouvoir saccharifiant de ce malt. Si on laisse un tas de malt pendant une nuit entière sans le pelleter, c'est déjà certainement une grande faute. *Pelletage fréquent, tel est le secret du bon malteur.*

Comme dans un tas trop élevé le malt s'échauffe trop fortement et que, par suite de cela, il germe trop rapidement et inégalement, le contraire a lieu lorsque le tas est trop plat. Le processus de la germination est ainsi retardé sans utilité, peut-être même tout à fait empêché.

Veut-on savoir si le tas de malt a été fait trop bas ou non, une ou deux heures après le pelletage, on enlève avec le plat de la main en quelques points du tas les grains de malt qui se trouvent à la surface. Si les grains ainsi mis à nu paraissent humides, humidité que l'on nomme *sueur* du malt, le tas n'est pas trop plat ; mais il n'en est pas ainsi, si l'on ne remarque pas de sueur. Dans le dernier cas, il faut abandonner le tas à lui-même pendant quelques heures de plus, et, suivant les circonstances, le faire un peu plus haut lors du prochain pelletage.

Ce traitement mécanique du malt, que l'on nomme *pelletage*, ne peut pas s'apprendre dans un livre, le malteur doit s'y initier par la pratique. Il doit chercher à amener dans le milieu du tas les grains qui occupent sa base et sa partie supérieure, afin de refroidir le malt qui se trouve dans le milieu, où règne une température plus haute qu'à la base et à la partie supérieure, et inversement afin de réchauffer les couches inférieures et supérieures plus froides. Il est très important de pourvoir autant que possible, pendant le pelletage, au renouvellement de l'air, par exemple, en ouvrant les fenêtres et la porte de la cave à malt, de façon à établir un courant d'air.

Des températures s'élevant dans le malt au-dessus de 20° sont toujours nuisibles ; il faut donc absolument éviter une élévation à 25° et au delà. Une haute température entraîne de grandes pertes en amidon ; elle favorise le développement des moisissures et des bactéries sur le malt, et ce dernier perd de plus en plus en pouvoir saccharigène, sa diastase en stabilité.

Maintenant, *quand le malt est-il mûr?* ou, en d'autres termes,

quand le développement du pouvoir fluidifiant et saccharifiant du malt est-il arrivé à son maximum, de façon que ce dernier puisse être employé?

Pour répondre à cette question, on ne doit pas se guider uniquement sur la durée du traitement sur l'aire du germoir et dire : « Lorsque le malt a séjourné huit ou dix jours dans le germoir, il est mûr et peut être employé. » En effet, nous savons que dans une cave de malterie froide et avec une orge épaisse et lourde, par exemple, un traitement de dix jours ne peut pas donner un malt mûr, suffisamment développé. Le point essentiel de la question ne peut pas de cette façon recevoir une solution. Il vaut beaucoup mieux se baser sur le *degré de la désagrégation du grain de malt*. Le noyau farineux du grain, encore dur et cassant au début, se ramollit chaque jour de plus en plus, jusqu'à ce que finalement il devienne tout à fait plastique, par conséquent pétrissable, et se détache facilement du tégument externe. Avec une sorte d'orge la désagrégation a lieu de bonne heure; avec une autre elle est au contraire tardive. Le malt ne doit pas être employé avant qu'elle se soit produite. Mais on ne pourrait pas affirmer d'une manière absolue que le malt, au moment où il a atteint le degré de désagragation convenable, est aussi arrivé au maximum de sa force diastasique.

Le plus fréquemment, le malteur pratique résout la question de savoir si le malt est mûr en se basant sur le *développement de la radicule et de la plumule*, en admettant toutefois que le malt n'a pas été forcé, c'est-à-dire poussé à un développement démesurément rapide, mais qu'il s'est développé lentement à une température ne dépassant pas 17°,5 dans le tas.

Tandis qu'autrefois on regardait comme nuisible et comme entraînant une rétrogradation de la force diastasique un développement du germe foliacé au delà de la longueur du grain, c'est-à-dire sa sortie du tégument externe — ou, comme on dit, la *formation des hussards* —, différents praticiens accordent, tout au contraire, dans les publications spéciales parues depuis un ou deux ans, la plus grande importance à un développement aussi large que possible du germe foliacé ou plumule. Ainsi, on a pu lire fréquemment, dans ces derniers temps, que différents distillateurs

laissent croître la plumule jusqu'à quatre fois la longueur du grain avec un séjour de quatorze à vingt jours sur l'aire du germoir, et cela dans la pensée que le *malt long* ainsi produit est aussi le malt le plus fort, le plus riche en diastase.

Des expériences et des recherches nombreuses m'ont démontré d'une manière positive qu'un malt n'atteint que rarement son maximum possible de force diastasique *sans aucune formation de hussards*. Mais, d'un autre côté, l'expérience m'a appris qu'en moyenne la force diastasique d'un malt n'augmente plus, mais diminue plutôt, à partir du moment où son germe foliacé a atteint une longueur égale à une fois et demie ou deux fois celle du grain. C'est pourquoi je conseille à tous les praticiens de ne laisser croître le germe foliacé que jusqu'à la limite qui vient d'être indiquée, c'est-à-dire jusqu'à une fois et demie ou deux fois la longueur du grain, et alors d'employer le malt, parvenu à ce moment à maturité, pour la saccharification des moûts. Les radicelles, au nombre de 5,7 et même 9 pour les orges très bonnes et saines, mais moins nombreuses pour les orges de qualité moindre, auront alors atteint deux fois ou deux fois et demie la longueur du grain.

Pour apprécier le malt, on met aussi à profit, indépendamment des caractères qui viennent d'être indiqués, l'odeur qu'il dégage. Une odeur fraîche de fruits ou de concombres indique un bon malt, tandis qu'une odeur de renfermé, de moisi est un mauvais signe.

L'odeur du malt, qu'elle soit bonne ou mauvaise, n'a par elle-même aucune influence sur son pouvoir saccharifiant et liquéfiant, car des malts totalement moisis ont, dans des expériences répétées plusieurs fois, produit une saccharification aussi bonne que des malts tout à fait sains. Cependant on ne doit pas pour cela parler en faveur de l'emploi de malt moisi, car ce dernier peut bien produire une saccharification normale du moût, seulement l'action secondaire de la diastase contenue dans le malt moisi est si faible qu'on observe toujours une mauvaise fermentation complémentaire. Ici se fait sentir la différence de qualité de la diastase, déjà mentionnée précédemment : la diastase contenue dans le malt moisi n'offre pas de résistance et est complètement détruite pendant la fermentation principale.

La réponse à la question : *Quand le malt est-il développé et mûr*

pour l'emploi? est donnée de la manière la plus satisfaisante par l'essai de son pouvoir saccharifiant et liquéfiant, tel qu'il est décrit dans le Chapitre VIII.

Le *maltage pour germe foliacé* doit être mentionné brièvement. Dans ce cas, le développement du germe ne doit pas être produit par un traitement anormal, par exemple par de hautes températures; il doit au contraire être conduit lentement et avoir lieu uniformément, le grain étant toujours traité pendant dix jours sur l'aire du germoir à une basse température. Si le *malt long* obtenu doit être en même temps un *malt fort*, il ne faut employer qu'un *grain uniforme, bien nettoyé et bien trié*. On donnera une trempe complète, et en outre l'orge devra se développer sans défauts. Le maltage sera fait en tas peu élevés, et dans les derniers jours du traitement un arrosage du malt avec de l'eau, avec pelletage subséquent, sera nécessaire. Si l'on humecte fortement le malt avec de l'eau à l'aide d'un arrosoir, la végétation est si fortement activée que le pouvoir saccharifiant du malt rétrograde rapidement et dans l'espace de dix-huit à vingt-quatre heures la diminution va souvent jusqu'à 50 p. 100; si le malt est employé dans cet état, on travaille naturellement avec perte. Il faut donc procéder avec une extrême précaution lors du mouillage complémentaire, c'est-à-dire lors de l'arrosage du malt, ne l'humecter que *très faiblement* avec de l'eau tiède et prendre soin, à l'aide d'un pelletage immédiat, de disséminer uniformément dans la masse l'humidité qui lui est ainsi apportée. Ensuite, il faut se faire une règle de ne pas employer le malt avant deux jours, comptés du dernier arrosage. Car si la teneur en diastase avait en réalité, à la suite de l'arrosage, rétrogradé momentanément, il suffit de l'espace de deux jours, pour, à une basse température, ramener le malt à sa force diastasique antérieure.

Lorsque le germoir dont on dispose n'a qu'une faible surface, on laisse germer son malt pendant deux ou trois jours environ sur une aire quelconque bien aérée et, naturellement, bien propre et à l'abri de la poussière. On peut de cette façon agrandir avantageusement un germoir de dimensions restreintes, et l'on améliore en même temps le pouvoir saccharifiant et surtout le pouvoir liquéfiant du malt. Je pense même qu'un séchage à l'air régulier

du malt, comme cela a lieu en brasserie, n'aurait aussi que des avantages pour la distillerie. J'ai, du moins, trouvé parmi plus de 200 *malts verts analysés* le meilleur pouvoir liquéfiant dans les échantillons que l'on avait laissé sécher à l'air pendant trois jours et plus.

Plus l'eau avec laquelle on arrose le tas de malt est finement divisée, meilleure est son action. Au lieu d'un arrosoir, il vaut beaucoup mieux se servir d'un long tuyau terminé par une pomme d'arrosoir et dans lequel l'eau arrive sous une forte pression ; pendant l'arrosage, on ouvre les fenêtres et les portes de la cave.

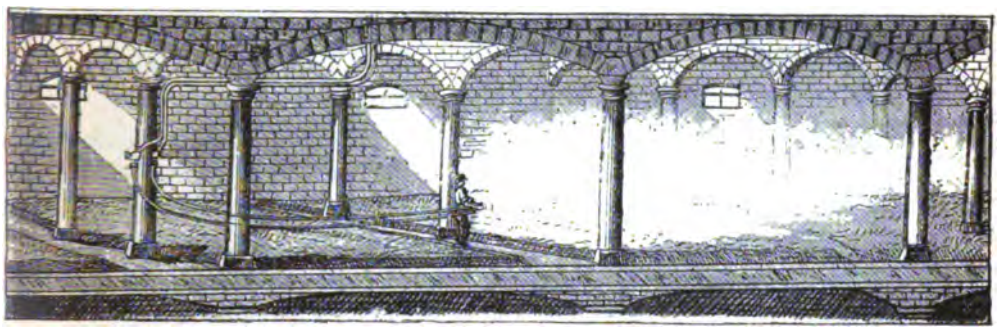


Fig. 14. — Cave de malterie avec appareil à brouillard de Bothner.

Nous recommanderons, spécialement pour les grandes distilleries, l'*appareil à brouillard*, imaginé par Bothner (de Leipzig), qui fonctionne au moyen d'air comprimé, et est employé partout où l'on se sert des laveurs à air comprimé décrits précédemment.

La figure 14 montre l'appareil de Bothner en activité. Les deux conduites portatives pour l'eau et l'air comprimé s'ouvrent dans une embouchure, qui, construite à la manière d'un pulvérisateur et munie de deux robinets, disperse l'eau sous la forme d'un véritable brouillard. Contrairement à ce qui a lieu dans l'arrosage, l'eau tombe donc sur le malt dans un état de division extrême et mélangée d'air. Il est évident que, de cette façon, on évite l'arrosage irrégulier et par suite aussi un développement irrégulier du malt, et en outre on a l'avantage d'introduire dans le germoir de l'air sain. Cet appareil est surtout utile au printemps et en automne

pour rafraîchir l'air des germoirs et pouvoir retourner les tas, les fenêtres étant ouvertes.

Disposition de la cave de malterie. — Pour préparer un malt sain et fort, il ne faut pas seulement que le malteur soit ponctuel et habile et que la matière première, l'orge, soit saine, mais il est aussi très important que la cave à malt ou le germoir soit convenablement construite.

Le nom de cave indique déjà que ce local doit être souterrain et pour qu'il y règne une température basse et uniforme, il doit se trouver à 1,5 m. à 2,5 m. au-dessous de la surface du sol. La température moyenne de l'air du germoir devra s'élever à 10-15°. La cave ne doit pas être humide et obscure, mais elle doit avoir, comme sa situation l'exige, des fenêtres basses pouvant être fermées de l'intérieur à l'aide de châssis, et une porte établie de façon qu'en l'ouvrant on puisse faire passer à travers la cave un courant d'air rapide. Les germoirs établis au niveau du sol ne conviennent pas pour le climat de l'Allemagne ; le froid, comme la chaleur, y ont un accès trop facile et il n'y a plus d'uniformité dans la température.

L'accès de la lumière n'est pas nécessaire pour le processus germinatif ; un éclairement direct du malt par le soleil est naturellement nuisible.

Nous avons, dès le début de ce chapitre, fait ressortir toute l'importance qu'il faut attribuer à la cave de maltage, en la désignant sous le nom de sanctuaire de la distillerie ; conformément à cette importance, toutes les conditions doivent être remplies pour qu'on puisse y faire régner une propreté irréprochable.

L'aire du germoir doit, afin que les eaux de lavage et autres puissent s'écouler, être *légèrement inclinée* et en outre être faite d'une *matière dure :* soit avec des dalles en pierre de *Solenhofen*, dont les joints sont faits avec du mortier hydraulique, ou avec du ciment bien poli. Le crépissage ordinaire à la chaux ou au mortier est ce qu'il y a de plus mauvais pour les murs ; il prend l'humidité, se détache, et le maintien de la propreté devient impossible. Une addition à la chaux grasse d'*antinonnine*, substance à action fortement antiseptique et en même temps siccative, est ce

qu'il y a de mieux à recommander (voy. Chap. VI). Un enduit de goudron est en tout cas ce qui est le moins coûteux ; un pareil enduit, appliqué à plusieurs reprises pendant la saison chaude sur les murs bien secs, durcit et peut ensuite être lavé et brossé. Un enduit de peinture à l'huile ou d'une couleur vitrifiable est excellent bien qu'un peu cher. Quelle que soit la matière employée, l'essentiel, c'est que les murs et le plafond de la cave à malt puissent être préservés de la production de moisissures ou facilement débarrassés de celles qui ont pu se développer. Dans nombre de caves, l'angle que forment entre eux les murs et le sol est plein de danger. Il est toujours plus ou moins humide, l'eau condensée sur les murs venant s'y rassembler peu à peu ; en outre, par suite de manque de propreté, il est le siège de mucédinées et de matières septiques de toutes sortes. Le mieux est de construire dans l'angle un massif en talus ou d'établir une rigole pour l'écoulement de l'eau ; dans tous les cas, il ne faut jamais placer le malt directement contre le mur, ou au moins l'en séparer par une planche.

Lorsque c'est possible, il faut établir dans la cave à malt un canal pour l'écoulement des eaux ; les caisses collectrices pour les eaux sales, fréquemment usitées, doivent être rejetées, parce qu'elles sont une cause d'infection et de viciation de l'air.

L'entrée de la cave à malt doit toujours se trouver dans le bâtiment de la distillerie. Des fenêtres et des portes doubles sont très convenables pour la saison la plus froide ; il faut, en outre, se précautionner d'un dispositif de chauffage quelconque. Mais on doit éviter autant que possible les poêles à charbon ; le mieux est d'établir dans la cave une conduite tubulaire, dans laquelle on fait passer de la vapeur d'échappement. Dès que la température du germoir est descendue au-dessous de 10°, le développement du malt est déjà considérablement retardé, et lorsqu'on ne peut pas y porter remède, il en résulte de nombreux inconvénients.

La grandeur de la surface du germoir était, dans les anciennes installations, généralement trop restreinte ; cette défectuosité se rencontre encore actuellement, bien qu'autrefois la préparation du malt de distillerie fût généralement effectuée à des températures plus hautes qu'aujourd'hui. Tandis qu'autrefois on laissait le

malt se développer pendant cinq à six jours, une croissance de dix à douze jours passe encore aujourd'hui pour de courte durée. Nous avons donc besoin, pour la préparation du malt en couches peu élevées à basse température, telle que nous l'avons décrite précédemment, de beaucoup de temps et par suite aussi d'un germoir offrant une très grande surface. Pour une capacité de cuve de 1 000 litres, on doit toujours disposer d'une surface de 20 m², sans compter les passages entre les tas.

Comme quantité normale d'orge pour une capacité de cuve de 100 litres, on peut compter 2 500 gr. environ; on consomme donc par jour par 1 000 litres de capacité de cuve, 25 kg. d'orge. Et comme, en général, on ne traite jamais plus d'orge que ce qui est nécessaire pour deux jours de travail, on devrait donc, pour une capacité journalière de cuve de 1 000 litres, tremper tous les deux jours 50 kg. d'orge.

Il n'est pas besoin d'insister sur la nécessité qu'il y a, surtout en été, après l'enlèvement d'une couche de malt parvenu à maturité, de nettoyer avec le plus grand soin l'aire du germoir et de la traiter par des agents antiseptiques. L'humidité qui existe dans l'atmosphère de la cave à malt pendant la germination favorise à un haut degré le développement des moisissures. On réprime ce développement pendant le travail en nettoyant et désinfectant avec tout le soin possible, mais il ne tarde pas à se manifester si, le maltage terminé, on n'a pas la précaution de procéder à un nettoyage périodique. Du sable propre et sec projeté sur l'aire du germoir non seulement arrête toute végétation, mais encore absorbe l'eau qui s'y trouve et la dessèche.

4. Maltage de l'orge anormale, de l'avoine, du seigle, du froment et du maïs.

La distillerie agricole travaille assez souvent de préférence des matières premières qui ne sont pas tout à fait irréprochables, qui ont tant soit peu souffert et sont invendables ou difficiles à vendre.

Si, par exemple, une *orge anormale* doit être maltée, il faut procéder lors du mouillage avec de grandes précautions. En aucune circonstance on ne doit laisser l'orge arriver au degré de mouillage complet; son traitement dans la cuve-mouilloire doit

être moitié moins long que celui d'une orge tout à fait saine. En changeant l'eau fréquemment et laissant aussi fréquemment respirer le grain, on obtient toujours d'excellents résultats. Si l'eau n'est pas renouvelée assez souvent, le grain soumis au mouillage prend une odeur aigrelette. Un lavage énergique de l'orge soumise à la trempe et sa désinfection à l'aide de chaux ordinaire ou de bisulfite de calcium offre également une grande importance ; la cuve-mouilloire doit aussi être désinfectée.

Le mouillage étant achevé, on met l'orge comme à l'ordinaire en tas élevés, et dès que la température a atteint 17°,5, on étale le tas en couches peu épaisses. Là, l'orge est maltée à basse température, en étant fréquemment pelletée et aérée, et humectée de nouveau après chaque pelletage.

Si, malgré ces précautions, on voit se former une grande quantité de moisissures, et cela non pas seulement sur les grains défectueux, qui par un long séjour du malt sur l'aire du germoir se recouvrent tous plus ou moins de moisissures dans les conditions les plus favorables, on a recours à l'artifice suivant. On malte rapidement et ensuite on étend le malt, de façon qu'il sèche un peu à l'air, puis on le passe deux fois sur un tamis. Les grains non développés et à demi développés, le siège principal des mucédinées et des matières septiques, qui viendraient ultérieurement infecter le moût et la levure, passent à travers le tamis et servent de nourriture aux volailles ou sont mis dans les cuiseurs Henze. Il reste un malt sain, exempt de moisissures, que maintenant on laisse croître comme à l'ordinaire sur l'aire du germoir.

L'orge anormale ne convient pas du tout pour la préparation du malt long, car on ne peut pas la travailler en tas élevés et par arrosage. Si la température dans le tas est montée plus haut qu'il ne convient, et si on défait le tas, les pointes des radicelles jaunissent et la végétation s'arrête. Si alors le développement était encore loin d'être suffisant, on est obligé de travailler avec un malt saccharifiant mal.

Un malt moisi peut aussi d'ailleurs être nettoyé par lavage avec de l'eau *froide* additionnée de bisulfite de chaux dans les machines représentées par les figures 5 à 8. S'il s'agit de petites quantités, il est encore plus simple de mettre le malt à laver dans un panier

d'osier et de l'arroser à l'aide d'un tuyau à robinet. Lorsque l'eau s'est bien égouttée, on procède *aussitôt* au concassage du malt. Le malt, qui a été lavé dans une machine, et a dans cette opération absorbé une assez grande quantité d'eau, se concasse mal dans certaines machines, dans celle d'Ellenberger, par exemple, parce que le malt graisse les cylindres et empêche leur action.

Comme on le sait, la diastase est soluble dans l'eau ; dans l'eau, à 50° environ, elle se dissout très rapidement et très facilement, mais sa dissolution est beaucoup plus difficile et plus lente dans l'eau tiède ou froide. Néanmoins, aussi pour cette raison, il faut faire en sorte de pousser le développement du malt aussi rapidement que possible.

Du reste, il doit y avoir un concours de circonstances tout à fait défavorables lorsqu'un lavage à fond et une désinfection de l'orge sont insuffisants, et un nouveau lavage de celle-ci sous forme de malt devient alors nécessaire.

Malt d'avoine. — La *préparation du malt d'avoine* se rattache de la manière la plus intime à celle du malt d'orge ; cependant ces deux céréales ne doivent pas être mélangées et traitées ensemble sur l'aire du germoir. En effet, le mouillage de l'avoine exige en général moins de temps que celui de l'orge, puisque quarante à quarante-cinq heures en moyenne suffisent pour le premier grain. La préparation du malt d'avoine n'offre du reste aucune difficulté. Si seulement on emploie de l'avoine bien nettoyée et bien triée, on peut obtenir, même en procédant assez rapidement, un bon malt exempt de moisissures. Pour cette raison, la préparation du malt d'avoine convient surtout pour la saison chaude, même pour le cœur de l'été.

Le malt d'avoine est très recherché, et avec raison, comme régulateur de la fermentation, et il est aussi fréquemment employé avec succès pour réprimer la fermentation mousseuse.

Malts de seigle et de froment. — Le maltage des céréales gymnospermes, le *seigle* et le *froment*, exige beaucoup plus de précautions que celui de l'orge et de l'avoine.

Le choix de la matière première est, pour ce qui concerne

le travail du *seigle*, d'une très grande importance. Un seigle lourd, plein, dont les grains sont également mûrs et de même couleur, donnera toujours un meilleur résultat qu'un grain léger et maigre. Les grains *verts*, qui fréquemment sont mélangés au seigle, refusent généralement de germer et diminuent considérablement les qualités du malt.

Les caractères extérieurs, auxquels on reconnaît que le seigle est suffisamment mouillé, sont les mêmes que pour l'orge; seulement, pour le premier, une trempe de un jour à un jour et demi est déjà suffisante. Il faut éviter de laisser le seigle se ramollir complètement, parce qu'autrement il s'échauffe trop fortement. Le seigle convenablement trempé, de même que l'orge, doit intérieurement n'être qu'uniformément humide, mais en aucune circonstance le noyau farineux ne doit être devenu pâteux.

Pour éviter un échauffement rapide, la couche de seigle ne doit pas être établie aussi haute que pour l'orge; 10 à 12 cm. de hauteur sont généralement suffisants. En tas peu élevés, le malt sèche rapidement et c'est pour cela qu'après chaque pelletage, c'est-à-dire quatre fois par jour, le malt de seigle doit être très légèrement arrosé avec de l'eau tiède.

En général, le malt de seigle peut être employé après un traitement de cinq jours sur l'aire du germoir. Les radicelles ont alors une fois et demie à deux fois la longueur du grain et le germe foliacé ne l'a pas encore tout à fait atteinte.

Des recherches effectuées par moi jusqu'à ce jour, il semble résulter que le malt de seigle offre un pouvoir liquéfiant pour l'amidon plus élevé que le malt d'orge et plus encore que le malt de maïs.

La couleur du seigle rend très difficile à reconnaître les impuretés qui y adhèrent; mais celles-ci existent quand même et, comme le maltage du grain est une opération très délicate, un lavage du grain brut est, en toutes circonstances, extrêmement important.

Les téguments externes peu épais du seigle et du froment sont très sensibles aux agents antiseptiques; c'est pour cela qu'il ne faut employer ces derniers qu'au quart de la concentration à laquelle on s'en sert pour la désinfection de l'orge.

On ne donne aussi au *froment* qu'un léger mouillage, afin d'avoir

une germination uniforme, une teneur en acide peu élevée et l'absence de moisissures. Après la trempe, le froment est mis en tas de 15 à 25 cm. de hauteur seulement. Il ressue ordinairement au bout de vingt-quatre heures. On le laisse humide sur l'aire du germoir encore trois ou quatre jours après l'avoir mis en tas de 12 cm. de hauteur. Après le troisième jour, il est le plus souvent nécessaire de l'arroser, mais seulement un peu et uniformément, autrement il s'échauffe beaucoup et il moisit. Le froment, comme le seigle, exige en général que le germoir soit tenu avec une propreté irréprochable et qu'il soit bien ventilé.

Malt de maïs. — On n'a encore recueilli en Allemagne que peu de données relativement au *maltage du maïs*. En tout cas, il est absolument indispensable d'employer un grain récolté depuis quelque temps, uniformément séché et tout à fait irréprochable, ce qui est relativement rare. Le lavage du maïs ne peut pas être évité, d'autant moins que ce grain doit être travaillé à des températures plus élevées que celles qui sont observées pour toutes les autres céréales. Cependant, des températures de 27°,5 à 30°, comme on les trouve indiquées partout, ne sont pas nécessaires, d'après ma propre expérience. Par exemple, avec du maïs américain dent de cheval, qui après trente heures de mouillage avait absorbé 40 p. 100 environ de son poids d'eau et avait été traité sur l'aire du germoir pendant six jours à une température moyenne de 20° dans le tas, j'ai obtenu un malt complètement développé, mais sans exagération. Il avait une radicule principale et quatre à cinq radicelles secondaires de 6 à 12 cm. de longueur. Le germe foliacé avait atteint une longueur de 6 cm.

Le pouvoir saccharifiant de tous les malts de maïs que j'ai examinés jusqu'à présent n'était égal qu'à la moitié de celui des malts d'orge ou de seigle bien développés. De même, le pouvoir liquéfiant restait un peu au-dessous de celui du malt d'orge et assez loin de celui du malt de seigle. Il faudrait donc employer pour la saccharification des moûts deux fois plus de malt de maïs que de malt d'orge. Je me dispense de donner des indications plus complètes sur le maltage du maïs, mais j'insiste sur ce fait que, d'après ma propre expérience, la préparation de ce malt ne rencontre pas

de grandes difficultés, si l'on a soin d'observer les conditions fondamentales signalées précédemment, auxquelles il faut joindre l'emploi d'*agents antiseptiques*, ainsi que le travail du malt dans une *atmosphère humide.*

Pour décider la question de savoir si l'on doit malter de l'orge ou une autre espèce de grain, on se base surtout sur le prix des différentes céréales. Relativement à la force diastasique, il ne se rencontrera jamais que de faibles différences entre les malts d'orge, de seigle et de froment; des différences importantes ne peuvent exister.

Il est évident qu'on ne peut pas donner d'indications positives sur la quantité de malt vert nécessaire pour 100 litres de capacité de cuve. Il y a, en effet, lieu de tenir compte de la qualité du malt, du mode de construction de la cuve-matière, de la pureté des matières mises en œuvre, ainsi que du degré de la température d'empâtage. On peut dans des conditions particulièrement favorables, au nombre desquelles il faut mettre en première ligne le lavage de l'orge, saccharifier et faire fermenter 100 kg. de pommes de terre avec 1,750 kg. de malt; mais, dans l'intérêt de la bonne marche de l'opération, on ne doit pas être aussi économe. Une économie de malt n'est rationnelle et justifiée que lorsque le prix de la matière première est élevé. On doit considérer comme une dose moyenne pour 100 litres de capacité de cuve, le malt obtenu avec 2,500 kg. d'orge, c'est-à-dire que l'on doit employer en moyenne 3,750 kg. de malt par hectolitre de moût. A cette quantité il faut encore ajouter le malt nécessaire pour la préparation de la levure, et on emploie en moyenne environ 10 kg. de malt vert pour 100 litres de capacité de cuve à moût-levain.

Du reste, la manière dont se comporte la fermentation complémentaire indique immédiatement, si le malt est ou n'est pas en quantité suffisante. On est encore plus exactement renseigné sur ce point par des essais à l'aide de la solution de gaïac ou un dosage de la diastase d'après Effront (voy. Chap. XI).

Une orge défectueuse ou tant soit peu anormale donne généralement un malt défectueux, dont la diastase n'offre qu'une faible résistance et qui perd de plus en plus de son efficacité pendant la

fermentation du moût. Dans un cas semblable, j'ai observé avec la solution de gaïac les réactions suivantes :

PÉRIODE de la fermentation.	NOMBRE DE GOUTTES de moût ajoutées.	INTENSITÉ DE LA REACTION
1er jour	3 à 4	Intense immédiatement.
2e jour.	5	»
3e jour, le matin	15	Evidente.
» le soir.	20	Faible.
4e jour, le matin	25	A peine reconnaissable.

Comme on le voit, la réaction du gaïac — mais avec certaines restrictions (voy. Chap. XI) — peut être employée non seulement pour la recherche qualitative de la diastase, mais encore pour son dosage. Si la fermentation a suivi un cours normal, dans le moût parvenu à maturité, la réaction de la diastase se produit aussi rapidement que dans le moût sucré, c'est-à-dire qu'une addition de cinq gouttes de moût à la solution de gaïac donne au bout d'une demi-minute ou d'une minute au plus tard la coloration bleu foncé caractéristique.

Si on peut l'éviter, il ne faut jamais employer seul pour la saccharification du mauvais malt, mais avoir recours à l'artifice suivant. Du mauvais malt, on prend à peu près deux tiers ou trois quarts de toute la quantité nécessaire et l'on empâte jusqu'à 67°,5-68°,75 ; on ajoute le tiers ou le quart restant à 62°,5, sous forme d'un malt sain et de bonne qualité. On peut ainsi répartir le mauvais malt sans nuire beaucoup à la fermentation des moûts.

5. Concassage du malt vert.

Pour concasser le malt vert, on se sert d'appareils broyeurs particuliers, parce que, à cause de sa grande teneur en eau, qui oscille entre 35 et 60 p. 100, le malt ne peut pas être égrugé ou moulu dans les moulins ordinaires.

Il est nécessaire que le malt soit concassé avec tout le soin possible, d'abord afin d'obtenir une dissolution complète de la diastase dans le liquide d'empâtage, et ensuite pour mettre à nu l'amidon

encore contenu dans le malt et pousser aussi loin que possible la désagrégation et la transformation en sucre.

Les broyeurs ou concasseurs de malt se composent de deux cylindres en fonte lisses (cannelés pour le malt touraillé), qui se meuvent en sens inverse. La vitesse de rotation des cylindres, qui reposent sur des coussinets mobiles, doit toujours être différente. Ce résultat est obtenu, avec des cylindres de diamètres égaux, au

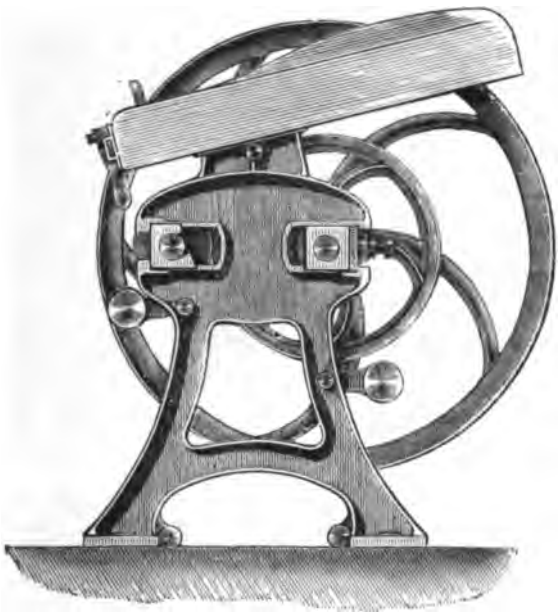


Fig. 15. — Broyeur à malt de Paucksch.

moyen de rotations inégales en nombre, et avec des cylindres de diamètres différents, au moyen d'une vitesse de rotation égale. Comme, de cette façon, un point de la périphérie de l'un des cylindres se meut plus rapidement qu'un pareil point de la périphérie de l'autre cylindre, le grain de malt, lors du concassage, est non seulement écrasé uniformément, mais encore déchiré, et l'on obtient ainsi immédiatement une division très complète du malt, un concassage parfait.

La mobilité des coussinets permet de laisser entre les cylindres la distance que l'on désire ; ils peuvent, lorsqu'ils ont subi une certaine usure, être rapprochés l'un de l'autre. Lorsque les cylindres

sont endommagés par des corps étrangers qui se trouvent quelquefois dans le malt (clous, pierres, etc.), il ne faut pas attendre la fin de la campagne pour effectuer la réparation nécessaire, mais faire celle-ci sans retard, afin d'éviter des pertes. Il faut aussi toujours faire attention à ce que la distance entre les cylindres soit partout la même.

Un double concassage, aussi bien du malt destiné à la prépa-

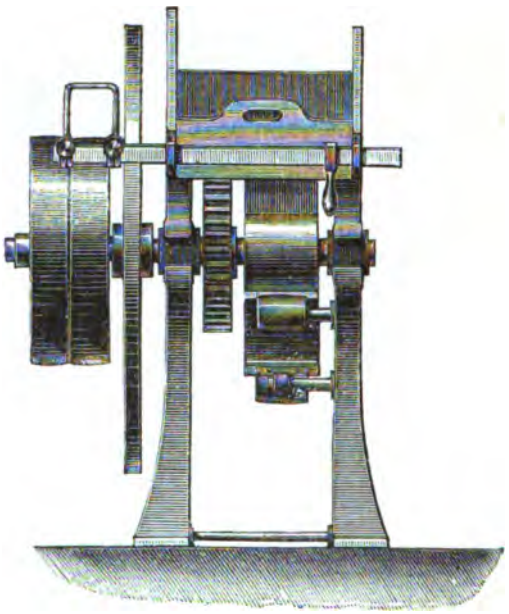


Fig. 16. — Broyeur à malt de Paucksch.

ration de la levure, que de celui qui doit servir pour la saccharification, doit être fortement recommandé.

Assez souvent, on observe à la surface du moût une couche de grains de malt, qui n'ont été qu'écrasés, mais non déchirés. La diastase et l'amidon qui se trouvent dans le noyau farineux plus ou moins comprimé ne peuvent pas, la première, agir et, le second, se dissoudre ou du moins à un faible degré seulement. On travaille donc avec perte.

Parmi les broyeurs de malt, les meilleurs et les plus répandus, nous citerons celui de Paucksch, de Landsberg, sur la Wartha; il est représenté par les figures 15 et 16. A l'exception de la trémie de

chargement, il est tout en fer, même la charpente. Celle-ci est munie d'une trémie de déchargement, de racloirs, d'un appareil de débrayage, d'une poulie fixe et d'une poulie folle, ainsi que d'un volant. Les cylindres, longs de 210 mm., ont des diamètres inégaux de 600 et 210 mm. Les deux cylindres sont accouplés à l'aide de roues, dont le nombre des dents est inégal.

Comme les cylindres de ce broyeur ont une vitesse périphérique

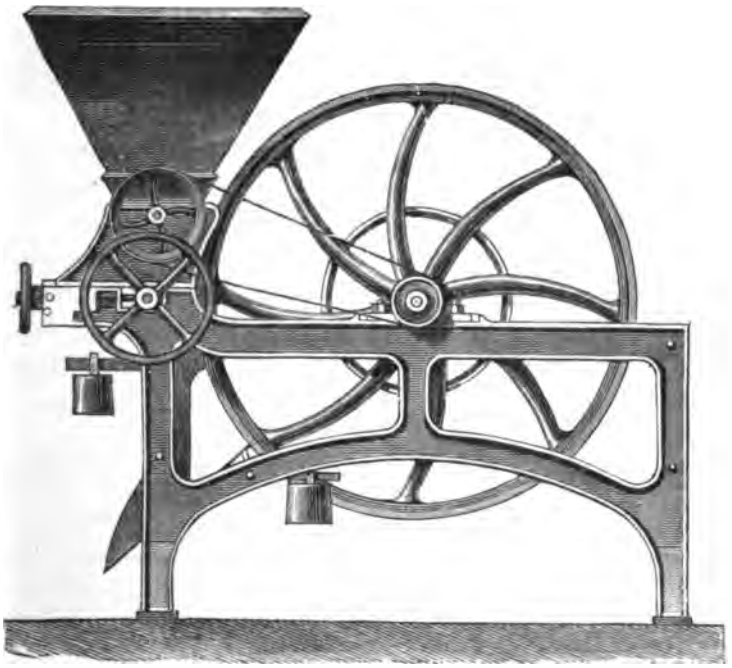


Fig. 17. — Broyeur à malt d'Ellenberger.

très inégale et sont faits en fonte très dense, le malt n'est pas seulement écrasé, mais il tombe sous l'appareil en flocons légers, sans qu'il se forme de grumeaux d'amidon.

La figure 17 représente un broyeur de malt construit d'après le système Ellenberger. L'appareil est tout en fer ; il se compose d'un châssis solidement établi, sur lequel repose un gros cylindre fixe, tandis qu'un cylindre plus petit possède des coussinets pressés par des ressorts. Ce dernier est mis en mouvement par la friction du grand cylindre. Des volants adaptés aux extrémités du

petit cylindre empêchent qu'il puisse se produise un arrêt, avec les perturbations qui en sont la conséquence, du moins lors du concassage de malt vert humide.

Tandis que les broyeurs de malt qui viennent d'être décrits travaillent à sec et sont préférés par les distilleries qui sont sous le régime de l'impôt sur la capacité de cuve, les *moulins à malt vert* opèrent la division du malt en présence d'eau et fournissent un excellent travail. Il est bien évident que l'addition d'eau, lors de la mouture, présente d'importants avantages aussi bien pour la dissolution de la diastase du malt que pour la désagrégation de l'amidon de ce dernier.

Les figures 18 et 19 représentent un pareil moulin à malt vert imaginé par Paucksch, de Landsberg. Pour mettre l'appareil en activité, on humecte d'abord les meules en faisant arriver de l'eau doucement dans la trémie qui se trouve à la partie supérieure, et ce n'est que lorsque les meules sont convenablement mouillées qu'on commence à introduire le malt. Ensuite, à l'aide d'un dispositif spécial, on approche de la meule supérieure la meule tournante primitivement éloignée de la première de 5 à 6 mm. et suffisamment pour que le malt moulu offre le degré de finesse désiré. Plus tard, le mieux est de laisser les meules dans leur position, tant qu'elles n'ont pas besoin d'être repiquées.

On règle l'afflux de l'eau ou l'addition du malt d'après la consistance que doit avoir le mélange (suivant qu'il doit servir pour la préparation de la levure ou la saccharification du moût).

Dans les localités où les conditions fiscales le permettent seulement à demi, on devrait employer, au lieu du broyage à sec, la mouture humide. Ce dernier mode de travail est de beaucoup supérieur, aussi bien en ce qui concerne la désagrégation de l'amidon, que la dissolution de la diastase et l'énergie de la saccharification.

L'empâtage fréquemment usité du malt vert dans de l'eau la veille au soir du jour où il doit être employé n'est alors possible, sans qu'il en résulte quelque dommage, que quand le malt est exempt de bactéries, de mucédinées et d'acides et que le vase où a lieu l'empâtage est d'une propreté absolue. Si l'une ou l'autre de de ces conditions fait défaut, on a à craindre une rétrogradation de la force diastasique du malt.

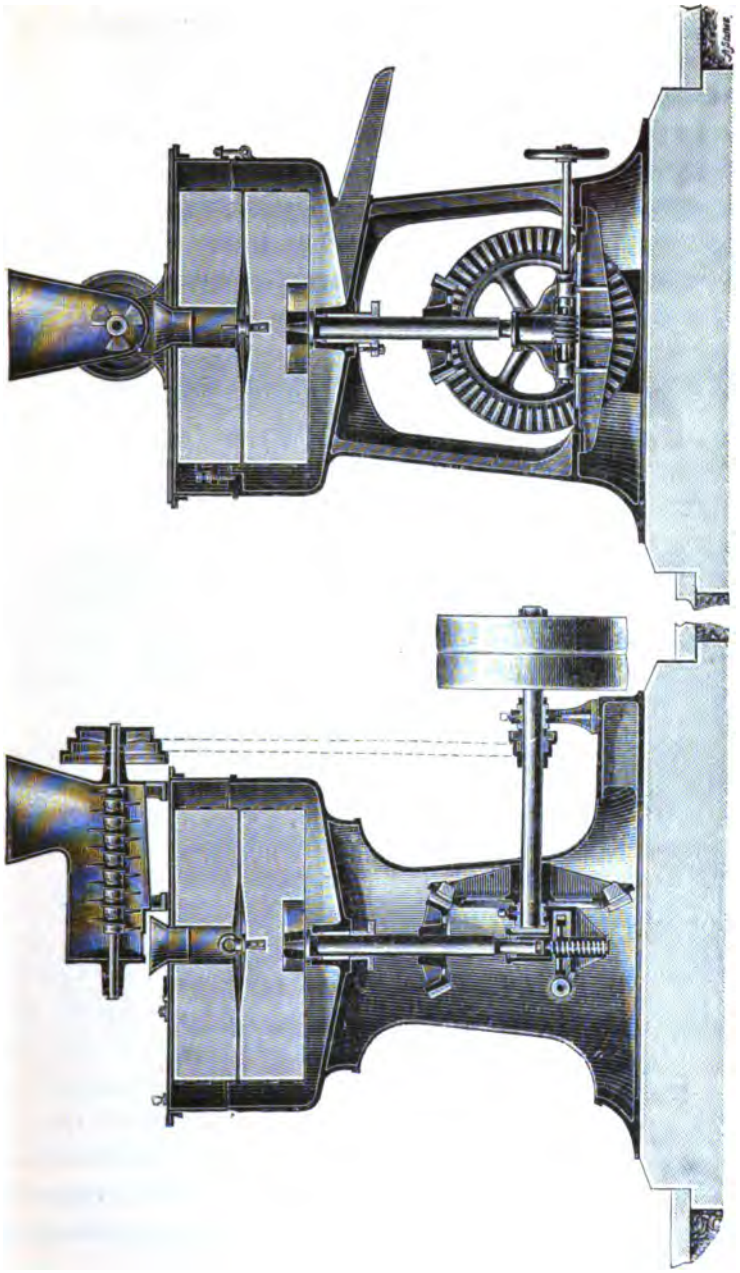


Fig. 19. Moulin à malt vert de Pauckscb.

Fig. 18.

Les distilleries agricoles devraient autant que possible travailler avec du *malt vert* préparé par elles-mêmes et non avec du malt

acheté, que ce soit du *malt séché à l'air* ou du *malt de brasserie touraillé*. Le malt vert que l'on prépare soi-même est toujours moins cher que le malt du commerce, en admettant que les conditions locales existantes conviennent pour l'obtention d'un malt vert sain. Le principal avantage de l'emploi du malt vert est de réduire la consommation de l'orge. En effet, des poids égaux de bon malt vert et de malt touraillé offrent le même pouvoir saccharifiant. Mais les quantités en poids de malt vert et de malt touraillé, qui sont obtenues avec le même poids d'orge, offrent les relations suivantes :

Avec 100 parties en poids d'orge on obtient en moyenne :

140 à 145 parties de malt vert ;
90 à 92 — de malt séché à l'air et
80 à 82 — de malt touraillé.

Si maintenant 100 kg. de malt vert, qui ont été préparés avec 72 kg. d'orge, possèdent le même pouvoir saccharifiant que 100 kg. de malt touraillé qui correspondent à 125 kg. d'orge, l'économie d'orge qui résulte de l'emploi de malt vert se trouve par cela même démontrée.

Le malt de brasserie touraillé à haute température ne convient pour la distillerie que dans le plus petit nombre des cas; le plus souvent, le touraillage a fait rétrograder à un haut degré la force diastasique.

Les petites distilleries, qui ne peuvent pas ou ne veulent pas malter elles-mêmes, se servent du malt dit séché à l'air, qui, comme le malt touraillé, a été aussi desséché pendant deux jours. Mais ici la température dans le tas de malt n'est pas élevée au-dessus de 30° dans les premières vingt-quatre heures, et pas au-dessus de 50 à 52° le deuxième jour. Cette élevation ménagée de la température empêche la diastase d'être fortement altérée. Cependant il ne faut jamais négliger, avant de conclure un marché de malt séché à l'air ou de malt touraillé, d'essayer ou de faire essayer le produit au point de vue de sa force diastasique. On trouvera dans le Chapitre XI toutes les indications concernant cet objet.

CHAPITRE III

PRÉPARATION DU MOUT SUCRÉ

A. — PRÉPARATION DU MOUT AVEC LES MATIÈRES AMYLACÉES (POMMES DE TERRE ET GRAINS)

I. — Traitement des pommes de terre.

Comme on l'a dit dans le premier chapitre, les pommes de terre contiennent surtout, avec de très petites quantités de sucre, de la fécule, dont la proportion s'élève en moyenne à 18 p. 100 environ. La fécule, nous le savons, n'est pas directement fermentescible, et même dans les conditions ordinaires elle n'est pas soluble dans l'eau.

On doit d'abord transformer la fécule des pommes de terre en un empois ou en une solution, et c'est ce qui a lieu par coction des tubercules à l'aide de vapeur à 100° ou sous une pression de trois atmosphères environ (voy. p. 32). Vient ensuite la transformation en sucre de la fécule réduite seulement en empois ou (si la coction a eu lieu sous une haute pression) dissoute, c'est-à-dire la saccharification à l'aide de la diastase contenue dans le malt. Que les pommes de terre soient ou non travaillées à la vapeur sous pression, elles doivent dans tous les cas être préalablement soumises à un lavage.

a. Lavage des pommes de terre.

Le *lavage des pommes de terre* est indispensable pour deux raisons. Il faut d'abord satisfaire aux exigences générales de la propreté, qui demande aussi que les pommes de terre récoltées et emmagasinées par un temps sec soient débarrassées de la terre et du sable adhérents, ainsi que des autres corps étrangers. Ensuite, il faut considérer que les appareils en métal, cuve-matière et appa-

reils distillatoires, sont fortement endommagés par la présence de semblables matières dans le moût. Il est avant tout indispensable d'enlever les pierres qui adhèrent aux pommes de terre, parce qu'elles pourraient ultérieurement empêcher le jeu des soupapes et des robinets.

Pour laver de petites quantités de pommes de terre, on se sert d'une cuve en bois plate, munie, si c'est possible, au-dessus de son fond, d'une grille également en bois. Les pommes de terre ayant été déversées dans la cuve avec de l'eau, on les brasse à l'aide d'une pelle, après que la terre et les autres matières adhérentes

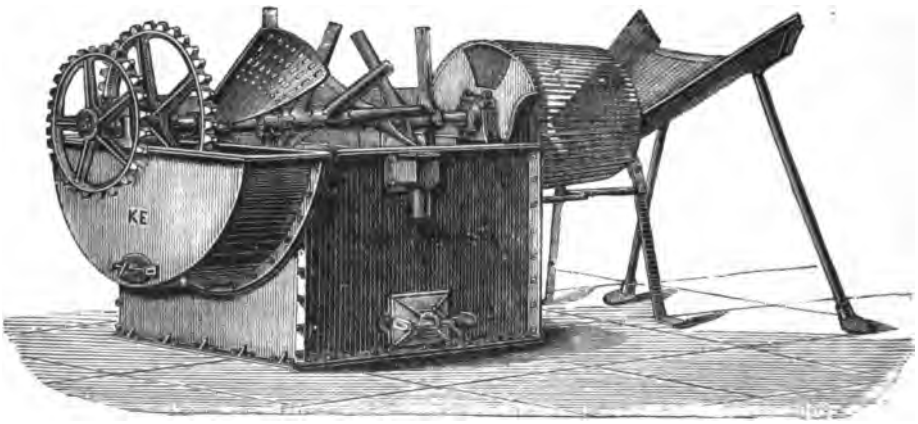


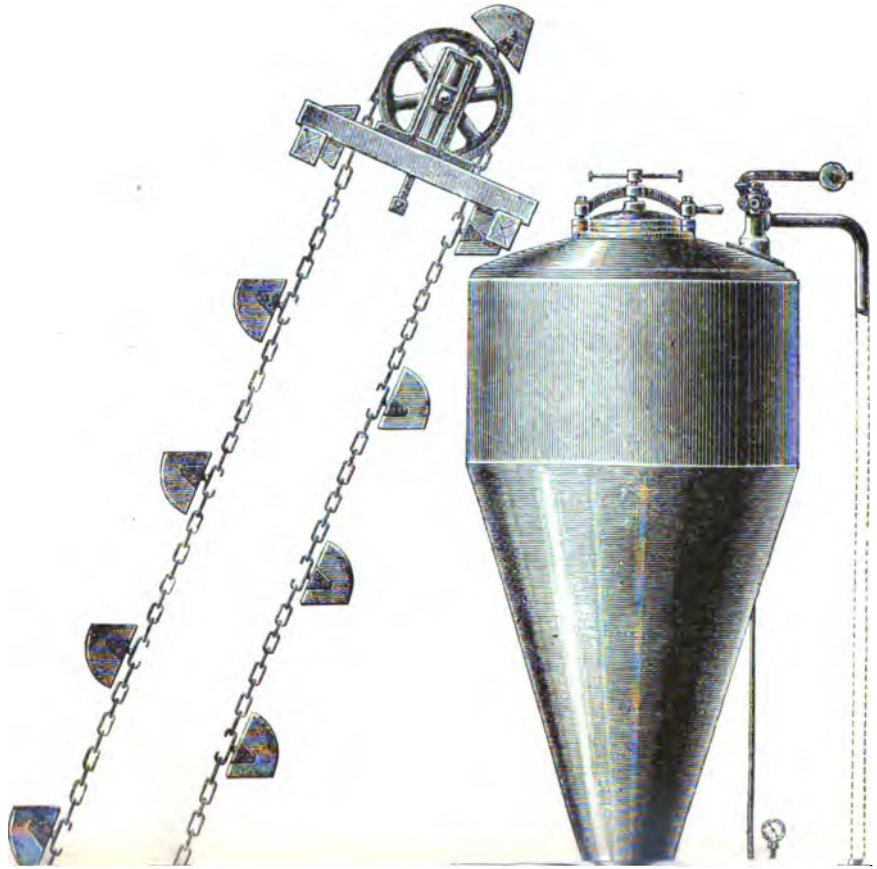
Fig. 20. — Appareil à laver les pommes de terre; système Eckert.

ont été ramollies. La terre détachée des tubercules passe à travers la grille et s'écoule avec l'eau par la bonde qui se trouve au-dessus du fond.

Dans les grandes distilleries, on se servait autrefois de *tambours laveurs;* mais, malgré l'*épierreur* dont ils étaient munis, ces appareils n'éliminaient pas les pierres avec une certitude absolue.

Dans la plupart des laveurs actuellement usités, cet inconvénient est supprimé. Cela était absolument nécessaire, car les progrès réalisés dans le traitement des pommes de terre, surtout l'introduction du procédé à haute pression, rendent l'emploi de pommes de terre bien lavées, exemptes de pierres et de sable, beaucoup plus nécessaire qu'autrefois, avec le procédé sans haute pression.

Nous donnons dans les lignes suivantes la description d'une ma-



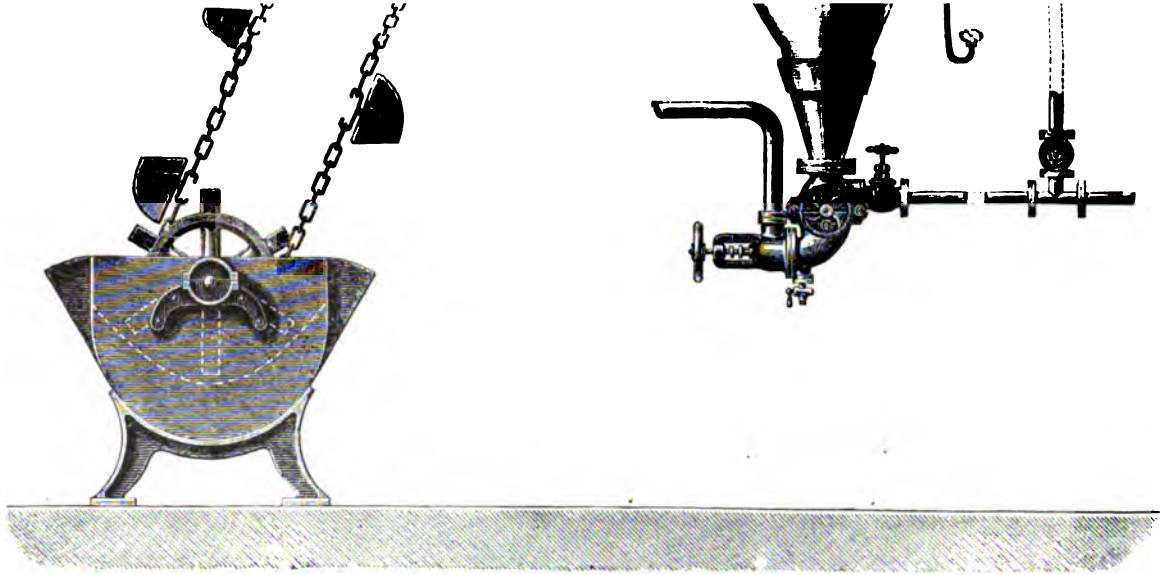


Fig. 21. — Élévateur.

chine à laver les pommes de terre, qui peut partout servir de modèle ; elle a été imaginée par H.-F. Eckert, de Berlin, et est représentée par la figure 20.

Avant leur entrée dans la caisse à eau, les pommes de terre, après avoir glissé sur une grille inclinée servant de trémie de chargement, tombent d'abord dans un tambour à baguettes ; là, elles sont soumises à une vive agitation, sous l'influence de laquelle les particules de terre les plus grosses qui adhèrent aux tubercules sont détachées, par suite du choc de ces derniers contre les baguettes et tombent sur le sol en passant entre celles-ci. Ce n'est qu'après ce nettoyage à sec que les pommes de terre arrivent dans le laveur proprement dit.

La caisse à eau de la machine est en fonte, et il en est de même des grilles qui y forment un double fond, que peut traverser la boue, mais qui retient les pierres. Le tambour à baguettes est pourvu de deux ouvertures et devant celles-ci sont adaptées des pièces hélicoïdales, qui font tomber les pommes de terre dans le laveur par portions égales. Là, les tubercules sont saisis par les bras agitateurs, lavés sans interruption et amenés peu à peu vers l'extrémité opposée de la caisse, d'où ils sont déversés dans l'auge de l'élévateur.

L'élévateur remonte les pommes de terre lavées soit dans une balance, soit immédiatement dans le *cuiseur*.

La figure 21 représente un élévateur établi dans la caisse de la machine à laver. L'élévateur se compose de deux chaînes sans fin à anneaux courts tout à fait semblables, sur lesquelles sont fixés des godets à des distances égales

Les chaînes passent inférieurement et supérieurement sur des poulies, dont les deux supérieures reposent par leurs tourillons sur des coussinets mobiles. Le mouvement est transmis soit par l'arbre de la machine à laver, avec lequel sont reliées les poulies inférieures, soit par l'arbre supérieur de l'élévateur. Les godets sont en tôle et munis d'une fente inférieurement, afin de laisser écouler l'eau puisée en même temps que les pommes de terre.

La balance dont il a été parlé précédemment est destinée à déterminer le poids des pommes de terre à mettre en œuvre ; elle est représentée par les figures 22 et 23.

De même que dans aucune distillerie bien dirigée on ne devrait

jamais négliger de déterminer la teneur des pommes de terre en fécule, la connaissance et la détermination exacte de la quantité des tubercules mis en œuvre chaque jour sont également nécessaires dans toute exploitation rationnelle et indispensables pour le calcul du rendement en alcool par kilogramme de fécule. Au lieu de faire tomber les pommes de terre sortant du lavoir directement de l'élévateur dans le cuiseur, on les laisse se déverser dans une sorte de caisse établie sur une balance au-dessus du cuiseur.

Lorsqu'il y a dans la caisse la quantité de pommes de terre

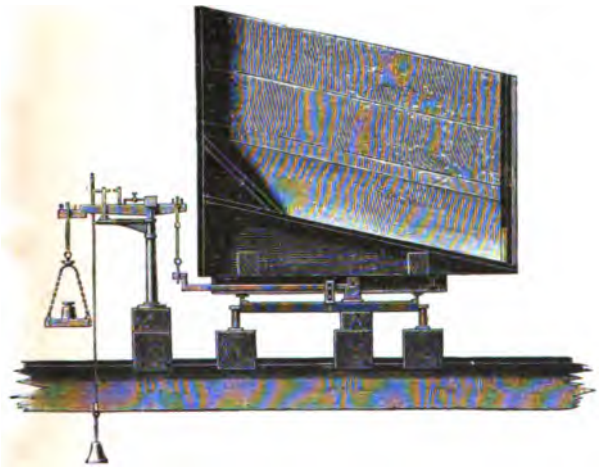


Fig. 22.

Fig. 23.

Balance à pommes de terre de Paucksch avec sonnerie et caisse pour les tubercules.

désirée, la sonnerie se fait entendre, et alors on arrête le travail de l'élévateur. Maintenant, en appuyant sur le levier, on ouvre la caisse et les pommes de terre tombent dans le cuiseur. Une caisse quadrangulaire avec une sorte de trémie est encore plus pratique qu'une caisse également quadrangulaire avec fond incliné ; de la trémie les pommes de terre tombent toutes d'elles-mêmes dans le cuiseur, tandis que l'ouverture à registre représentée dans la figure 23 est bientôt obstruée et on est obligé d'intervenir. Grâce à ce dispositif, un contrôle exact peut être exercé aussi bien par le propriétaire de la distillerie que par son directeur, et l'appareil peut être établi partout à peu de frais.

La machine à laver doit être installée sur le sol du local où a

lieu le déchargement des pommes de terre ; c'est là incontestablement qu'elle est le mieux placée, parce que l'élévateur n'a à monter que des tubercules dépouillés de sable, de terre, de pierres, etc. Si, au contraire, on établit le laveur assez haut pour que les pommes de terre lavées roulent immédiatement dans le cuiseur, il faut alors monter aussi bien la terre adhérente, les pierres, etc., que l'eau destinée au lavage. L'installation du laveur dans la cave aux pommes de terre ne peut être recommandée que lorsque l'élimination des boues et de l'eau sale n'offre pas de difficultés.

L'élévateur est généralement entouré d'une enveloppe en bois; je recommande d'enduire celle-ci avec de l'antinonnine, afin d'empêcher le bois de se couvrir de moisissures, et en général de le conserver.

La longueur du laveur offre une grande importance pour la réussite du lavage, ce à quoi fréquemment on n'apporte pas une attention suffisante. Souvent, on rencontre des laveurs qui avec les poulies motrices et l'auge de l'élévateur n'ont à peine que 2 m. de longueur. Si avec cela la machine travaille rapidement, les pommes de terre provenant d'un sol compact et récoltées par un temps pluvieux ne sont lavées qu'imparfaitement, ce que l'on reconnaît immédiatement à la couleur sale du moût sucré et dont en outre on a une preuve irréfutable en déposant sur sa langue une goutte de ce moût. Plus tard, lors de la fermentation complémentaire, les particules de terre se déposent sur le fond de la cuve de fermentation et entraînent avec elles un très grand nombre de cellules de levure, ce qui naturellement met obstacle à une bonne fermentation. Enfin, des perturbations dans le fonctionnement de l'appareil distillatoire sont inévitables.

Pour favoriser l'effet du lavage, on peut avoir recours aux précautions suivantes. On établit dans le champ, près des tas de pommes de terre, un tambour à claire-voie et là on soumet les tubercules à un nettoyage à sec, avant de les transporter à la distillerie. Ou bien on arrose avec de l'eau avec précaution les pommes de terre, lorsqu'elles sont encore sur la voiture ou immédiatement après leur déchargement devant la distillerie ; de cette façon les matières qui salissent les pommes de terre sont déjà ramollies

lorsque celles-ci arrivent au laveur. Enfin, on ralentit la marche du laveur en adaptant une autre poulie. On obtient aussi ces bons résultats en établissant dans l'auge de la machine à laver des cloisons transversales ayant la moitié de la hauteur de l'auge. Ces résistances jouent non seulement le rôle d'épierreurs, mais encore elles retardent la marche des pommes de terre vers l'auge de l'élévateur, elles ralentissent par conséquent l'opération du lavage et assurent ainsi un nettoyage complet.

Il faut, si c'est possible, se servir d'eau chaude pour le lavage des pommes de terre; on pourra, par exemple, employer avec avantage l'eau chaude provenant du refoidissement du moût dans la cuve-matière. Par conséquent, pendant que l'on refroidit le moût sucré à la température de la fermentation, on lave les pommes de terre nécessaires pour la cuisson suivante. (L'autorisation spéciale, qui, conformément à la loi allemande, est nécessaire pour cela, doit être demandée aux employés préposés à la perception de l'impôt.)

Les machines à laver et les machines à trier combinées rendent de très grands services, mais elles ne sont que peu répandues dans les distilleries agricoles de l'Allemagne. On obtient à l'aide de ces machines, pour les différentes sortes de tubercules, l'uniformité non seulement dans la grosseur, mais encore dans la teneur en fécule.

b. Cuisson des pommes de terre d'après l'ancien procédé.

D'après ce procédé, aujourd'hui encore très usité dans les toutes petites distilleries, les pommes de terre ou les céréales égrugées sont traitées, non pas sous haute pression, mais cuites au milieu d'un courant de vapeur à 100° seulement.

Ce mode de travail est appelé avec raison *ancien* procédé ; en effet, la description qui va en être donnée montrera nettement qu'il est suranné à tous les points de vue, qu'il ne permet d'utiliser que très incomplètement les matières premières, que par conséquent il charge l'alcool de frais de production démesurément élevés, ce que mettra aussi en évidence la caractéristique du nouveau procédé ou procédé à haute pression, que nous comparerons au travail des petites distilleries.

Au point de vue technique pur, on ne peut pas comprendre comment encore aujourd'hui on peut établir des distilleries nouvelles pour le travail d'après l'ancien procédé. Si l'exploitation agricole est trop peu importante pour justifier l'établissement d'une distillerie à la vapeur, un groupe d'intéressés pourrait former une

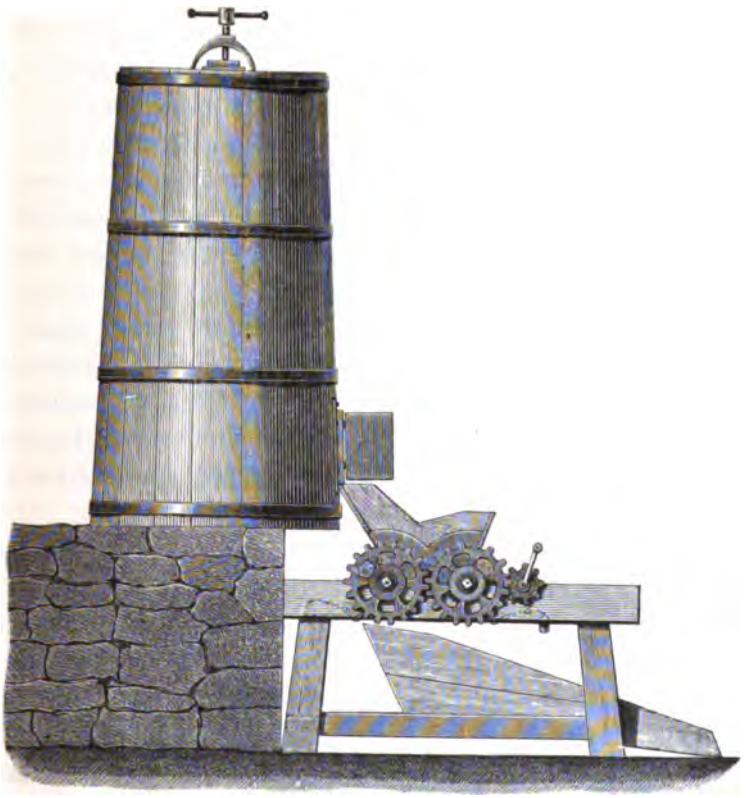


Fig. 24. — Appareil en bois pour la cuisson des pommes de terre à la vapeur.

association en vue de l'érection d'une distillerie à vapeur rationnelle, et par suite aussi travaillant avec peu de frais.

D'après l'ancien procédé, les pommes de terre entières sont d'abord cuites et ensuite broyées ou moulues.

La cuisson des pommes de terre a lieu presque toujours à l'aide de vapeur d'eau, même dans les distilleries qui pratiquent la distillation du moût, non au moyen de vapeur, mais par chauffage direct.

Pour cuire les pommes de terre, on se sert d'un tonneau en bois dur, posé verticalement, assez haut et allant en se rétrécissant vers sa partie supérieure. La figure 24 représente un pareil tonneau, avec la machine à broyer, qui sera décrite ultérieurement.

Le fond supérieur du tonneau est muni d'un trou d'homme pour le chargement des pommes de terre ; pendant la cuisson, ce trou est fermé au moyen du dispositif à étrier représenté par la figure 25. A 8 ou 10 cm. au-dessus du fond inférieur, est établi un faux-fond perforé et à la même hauteur se trouve une porte latérale, par laquelle sont retirées les pommes de terre cuites. Ce faux-fond est incliné vers la porte dont il vient d'être question et il doit être disposé de façon qu'on puisse l'enlever, afin de rendre possible le nettoyage de l'espace qui se trouve au-dessous de lui.

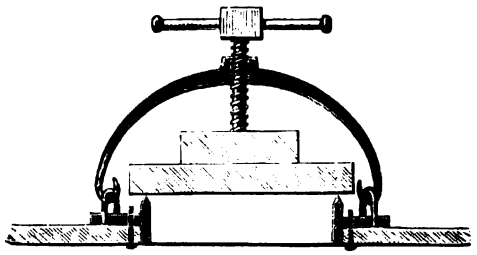


Fig. 25. — Fermeture du trou d'homme de l'appareil précédent.

Dans le fond inférieur du tonneau est pratiqué un trou pour l'écoulement de l'eau de condensation. Au-dessus du fond perforé se trouve également une petite ouverture, par laquelle on peut introduire une baguette de fer pointue, afin de savoir si les pommes de terre sont cuites. Le tube de vapeur pénètre dans le milieu du tonneau et débouche un peu au-dessus du fond perforé. A l'aide d'un robinet, on peut régler ou supprimer le courant de vapeur arrivant du générateur.

Lorsque le tonneau a été chargé de pommes de terre et fermé, on fait arriver la vapeur ; celle-ci se condense d'abord complètement sur les tubercules et s'écoule par l'ouverture inférieure. A mesure que les pommes de terre s'échauffent, la condensation de la vapeur en eau diminue également ; celle-ci lave complètement les pommes de terre, leur dissout différentes substances et s'écoule sale, brunâtre et très écumante.

Suivant la grandeur du tonneau et sa disposition, les pommes de terre sont cuites en une heure à une heure et demie environ. On

reconnaît que ce moment est proche, lorsque la condensation de la vapeur est moins abondante et aussi lorsque des joints du tonneau la vapeur s'échappe avec une force de plus en plus grande. Les pommes de terre sont cuites lorsque la baguette de fer mentionnée plus haut peut y être enfoncée facilement.

Maintenant, on tourne le robinet du tube de vapeur, de façon qu'il ne pénètre plus que la quantité de vapeur suffisante pour maintenir dans le tonneau la température de cuisson. On procède ensuite sans retard au broyage des pommes de terre et à la saccharification, opérations qui se succèdent sans interruption.

Pour broyer les pommes de terre, on se sert généralement de moulins avec deux cylindres lisses en fonte. Afin qu'ils puissent saisir facilement les pommes de terre, ces derniers doivent avoir un grand diamètre (jusqu'à 60 cm.); leur longueur s'élève à 50-60 cm.

Fig. 26. — Moulin à pommes de terre de Braunfels.

Au lieu de cylindres lisses, on emploie aussi depuis quelque temps des cylindres dits à baguettes. Ce sont des cylindres creux, ouverts à une extrémité, qui se composent de baguettes quadrangulaires distantes les unes des autres de 2 à 3 mm. et dont un des angles est tourné en dehors. Les pommes de terre saisies par les baguettes sont écrasées; la masse écrasée est poussée à l'intérieur des cylindres et s'échappe par l'extrémité ouverte de ces derniers. La figure 26 représente une machine avec cylindres à baguettes, qui est connue sous le nom de moulin à pommes de terre de Braunfels. Ici, les cylindres sont coulés d'une seule pièce. Pour un travail journalier de 20 à 30 hectolitres de pommes de terre, on leur donne une longueur de 25 cm., avec un diamètre de 40 à 45 cm. Les baguettes ont une épaisseur de 3 cm. environ. Comme elles s'engrènent l'une dans l'autre, il n'est pas besoin d'accoupler les cylindres à l'aide de

roues dentées. Un renforcement conique du côté intérieur de la paroi de l'extrémité fermée permet aux cylindres de reposer avec une solidité suffisante sur leurs axes en fer doux et en même temps favorise la chute de la masse de pomme de terre poussée à l'intérieur.

On peut ici donner aux cylindres un diamètre aussi petit, parce que les tubercules sont saisis par les baguettes beaucoup plus facilement que par les cylindres lisses. Un faible diamètre n'exige

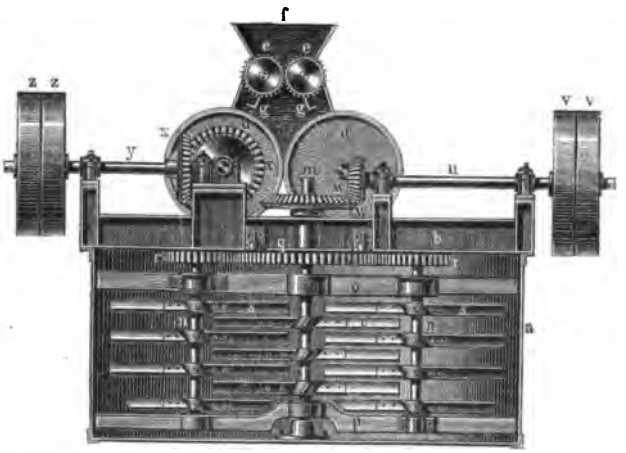


Fig. 27. — Cuve-matière avec agitateur planétaire.

pas une dépense de force aussi grande, ce qui rend le travail plus rapide.

La machine est beaucoup plus convenable pour les petites usines et la mise en mouvement par la force humaine que pour les distilleries où l'on emploie la vapeur. Dans ce dernier cas, les cylindres par exemple, sont fréquemment endommagés par les pierres qui se rencontrent toujours entre les pommes de terre.

Les dispositifs de broyage simples qui viennent d'être décrits dans les pages précédentes ont subi maints perfectionnements. Un appareil perfectionné est représenté, par exemple, dans la figure 27, où, au-dessus de la cuve-matière avec agitateur planétaire, fonctionnent des cylindres broyeurs cannelés *e e*, qui reçoivent les pommes de terre de la trémie *f* et les amènent aux cylindres lisses *d d*. Ce dispositif donne de bons résultats; les tubercules y

sont bien broyés, ce qui offre une grande importanee, car plus la division des pommes de terre cuites est poussée loin, plus complètement elles peuvent être réduites en une bouillie homogène, plus aussi sont complètes la désagrégation et la saccharification. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, lorsque les broyeurs employés sont primitifs ou qu'ils sont inhabilement maniés, le moût n'est pas *clair*, c'est-à-dire qu'il s'y trouve encore plus ou moins de morceaux de pommes de terre mal désagrégés.

Ce dernier cas se présente généralement dans les très petites distilleries et c'est surtout à cette circonstance que doit être attribué le faible rendement de ces usines, comparé à celui des distilleries à vapeur.

Mais, d'un autre côté, nous devons insister sur ce fait, que fréquemment aussi, les cylindres du broyeur sont fortement écartés l'un de l'autre par les distillateurs ou leurs ouvriers, afin d'accélérer et de faciliter le travail du broyage, lorsque la machine est actionnée par la main de l'homme.

Le broyage doit cependant être accéléré, parce que autrement les pommes de terre cuites se refroidissent beaucoup, durcissent et alors la saccharification est défectueuse. A l'occasion du calcul du rendement, nous dirons que le nouveau procédé à *haute pression* ne laisse dans les matières premières que 1 p. 100 environ d'amidon non désagrégé, tandis qu'avec l'ancien procédé des petites distilleries il se perd 8 à 10 p. 100 de la quantité totale de l'amidon mis en œuvre. Les deux procédés sont suffisamment caractérisés par ces indications.

Dans les petites distilleries, le *processus de la saccharification* se passe assez simplement. Il y a cependant habituellement une cuve à moût particulière, mais celle-ci ne possède pas de dispositifs pour refroidir le moût et effectuer le démêlage, c'est-à-dire que le mélange et le brassage des pommes de terre broyées avec le malt, destiné à produire la saccharification, doivent par suite être pratiqués à la main et à l'aide d'instruments en bois désignés sous le nom de fourquets (fig. 28). Le moût est ensuite refroidi dans un bac refroidissoir.

La préparation du moût est presque partout effectuée avec de petites variantes d'après les règles suivantes : On doit employer

par 100 kg. de pommes de terre 5 à 6 kg. de malt vert ou de malt touraillé. Si l'on descendait à 4 kg. ou même au-dessous, cette fausse économie serait chèrement payée par un rendement plus faible en alcool.

Dans la cuve-matière, ou en général dans le vase où a lieu l'empâtage, on démêle donc avec de l'eau froide la moitié du malt largement mesuré et deux fois concassé et l'on brasse avec précaution, afin d'obtenir un lait de malt. On ajoute ensuite peu à peu les pommes de terre broyées et finalement l'autre moitié du malt, que l'on a aussi préalablement empâtée avec de l'eau. Pendant tout le temps que dure l'addition des pommes de terre broyées, il faut brasser la masse avec soin à l'aide des fourquets et ne pas manquer d'observer constamment le thermomètre, qui après l'addition de la dernière moitié du malt ne doit pas indiquer une température supérieure à 61°,25-62°,5; la température finale ne doit pas non plus dépasser 62°,50. La première moitié du malt doit produire ici surtout une action *liquéfiante*, par conséquent transformer la masse des pommes de terre primitivement pâteuse en un liquide, un moût, qui est plus facile à travailler et sur lequel la deuxième moitié du malt fait mieux sentir son action *saccharifiante*.

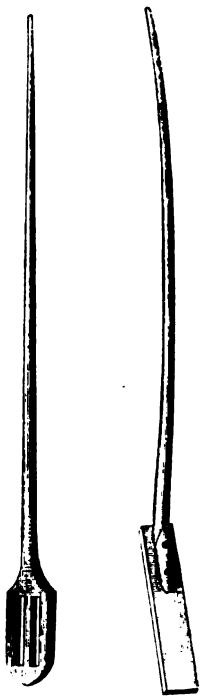


Fig. 28.
Fourquets.

Lorsqu'on mélange le malt avec de l'eau froide ou tout au plus tiède et qu'on brasse avec soin, la diastase est extraite du malt, dissoute dans l'eau et elle peut alors agir immédiatement sur l'amidon transformé en empois des pommes de terre broyées. La première moitié du malt fluidifie la masse pâteuse des ponmes de terre et la transforme en une bouillie claire. Dès qu'on a atteint ce point et qu'on est arrivé à une température de 60° environ, on ajoute désormais les pommes de terre assez lentement pour maintenir aussi longtemps et aussi uniformément que possible la température de 56°,25-58°,75, la plus favorable pour la saccharification, et ce n'est qu'à la fin qu'on monte à 61°,25-62°,5. Il

faut accorder une très grande importance à l'observation des températures dont il vient d'être question, car en les dépassant de un ou deux degrés seulement, la saccharification sera défectueuse, le malt sera échaudé et il en résultera une mauvaise fermentation du moût.

Lorsque le démêlage est achevé, on abandonne le moût à lui-même pendant une heure à une heure et demie dans la cuve-matière couverte, afin que se produise la saccharification complémentaire, dans laquelle l'amidon qui s'est encore dissous en dernier lieu, est transformé en *dextrine* et enfin en *maltose*.

c. Cuisson des pommes de terre d'après le nouveau procédé.

L'*ancien* procédé de traitement des pommes de terre, décrit dans les pages précédentes, consiste à faire agir sur les tubercules de la vapeur à 100°, par conséquent à la pression ordinaire. Dans ce mode de travail, nous l'avons déjà dit, la désagrégation de la matière amylacée est toujours plus ou moins défectueuse.

C'est pour cela que les constructeurs de machines ne manquèrent pas de faire des expériences et d'établir de nouveaux dispositifs plus parfaits, afin d'obtenir une meilleure désagrégation de l'amidon, d'éviter des pertes de matière première et de rendre possible la préparation de *moûts épais*. L'introduction de l'impôt sur la capacité des cuves de fermentation y a contribué pour sa part; en effet, si un distillateur doit payer par exemple, 1 mark 31 par 100 litres de capacité de cuve, il produira à un prix d'autant moins élevé que cette capacité lui donnera un rendement en alcool plus grand. Avec un rendement de 7 litres d'alcool pur pour 100 litres de capacité de cuve ou, pour parler plus brièvement :

Pour un rendement de	7	p. 100	il y a	*par litre d'alcool*	un impôt de	18,7	pfen.
—	—	9	—	—	—	14,55	—
—	—	10	—	—	—	13,10	—
—	—	11	—	—	—	11,90	—
—	—	12	—	—	—	11	—

On reconnut que l'emploi de vapeur *en tension*, par conséquent d'une *haute pression*, pouvait seule résoudre heureusement le problème posé, et les dispositifs construits par Hollefreund et par

Bohm étaient déjà basés sur ce principe. Aujourd'hui, ces appareils ne sont plus construits en Allemagne pour le travail des pommes de terre, ils ont presque partout été remplacés par le système Henze. Ce dernier permet, avec les dispositions mécaniques les plus simples, une désagrégation des pommes de terre aussi complète que possible.

Si l'on veut savoir en quoi consiste la supériorité du procédé à haute pression sur l'ancien système, il faut considérer attentivement l'action différente que dans les deux cas la vapeur exerce sur la fécule et la différence dans la transformation de celle-ci, qui en est la conséquence.

Le petit distillateur, le distillateur de flegmes, cuit les pommes de terre dans de la vapeur à 100°; dans ces conditions, la fécule se gonfle et se transforme plus ou moins en empois. Au contraire, dans le procédé à haute pression, de la vapeur à quatre atmosphères environ de tension, c'est-à-dire à la température de 145° environ, agit sur les pommes de terre. Les pressions et les températures présentent les relations suivantes :

A une pression	1	atmosphère	correspond	une température	de 100°
—	2	—	—	—	121°,4
—	3	—	—	—	135°,1
—	4	—	—	—	145°,4
—	5	—	—	—	153°,1
—	6	—	—	—	160°,2

Avec la haute pression, la fécule des pommes de terre n'est pas seulement gonflée et réduite en empois, non, elle se dissout en majeure partie dans l'eau. Les corps pectiques, qui forment la substance dite intercellulaire, se dissolvent aussi à cette haute température, et c'est ainsi que toute force de résistance est enlevée au tissu, qui jusqu'ici reliait les cellules entre elles. La matière première est donc de prime abord finement divisée, en même temps la fécule est dissoute et peut par conséquent être ultérieurement plus rapidement et plus complètement transformée par le pouvoir saccharifiant de la diastase du malt en une matière fermentescible.

Le nouveau procédé usité en Allemagne est aussi fréquemment désigné par le nom de son inventeur, Henze. Ce dernier cherche

à faire agir de la vapeur en tension sur les pommes de terre dans un vase convenablement disposé pour cet objet et à se servir aussi de cette même vapeur pour l'évacuation de la masse cuite de l'appareil. La pression, la force mécanique intense, qui expulse la matière cuite de l'appareil, devait naturellement porter en même

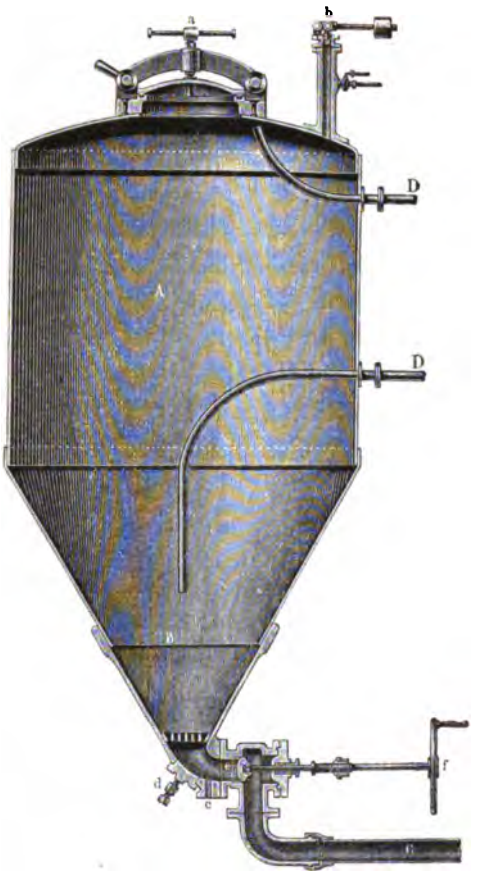


Fig. 29. — Cuiseur Henze; forme ancienne.

temps la masse des pommes de terre à un degré de division extrême.

Après différentes expériences, on a trouvé bonne et construit la forme de cuiseur représentée par la figure 29 et qui aujourd'hui est déjà désignée comme l'ancienne; mais, comme elle est encore fréquemment usitée, nous devons la décrire brièvement.

A est un cylindre vertical en fer, terminé inférieurement par un tronc de cône B, qui, par un prolongement vertical conique vient, déboucher dans le tuyau de vidange C.

a est la fermeture du trou d'homme, *b* une soupape de sûreté ; D, D sont les tubes amenant la vapeur, *d* est la fermeture d'une ouverture par laquelle on peut enlever les matières arrêtées dans la partie tubulaire du prolongement conique conduisant au tuyau de vidange ; *e* est la soupape à l'aide de laquelle, en agissant sur la roue *f*, on règle l'écoulement des masses cuites.

Voici en peu de mots comment le travail est effectué à l'aide de cet appareil :

Après avoir chargé les pommes de terre, on introduit la vapeur, et on laisse ouvert le robinet qui ferme l'ouverture *c*, jusqu'à ce qu'il donne issue à de la vapeur ; de cette façon, l'eau de condensation est éliminée et préserve le moût d'une dilution inutile. Ce robinet est établi en avant de la soupape *e*.

Le tuyau de vidange s'ouvre au-dessus de la cuve-matière, qui sert en même temps pour refroidir la masse chauffée à la température de saccharification.

Dans l'ancien mode de travail, la trituration lente de la masse des pommes de terre par les cylindres broyeurs en fer produisait ce refroidissement, de sorte que dans la cuve-matière la température de saccharification s'établissait presque spontanément. Cela n'ayant pas lieu dans le nouveau procédé, il doit nécessairement se trouver dans la cuve-matière un dispositif de réfrigération.

C'est pour cela que l'emploi du cuiseur Henze rend indispensable celui d'une cuve-matière munie d'un réfrigérant à eau, et parmi les dispositifs répondant à cette exigence, on se sert de l'un de ceux qui seront décrits ultérieurement.

Après avoir tout d'abord laissé pénétrer la vapeur jusqu'à ce qu'elle s'échappe par le robinet qui se trouve en *c*, on ferme celui-ci et on la laisse encore arriver dans l'appareil jusqu'à ce qu'on ait atteint à l'intérieur de ce dernier une tension de 2 atmosphères et demie, correspondant à une température de 128°,8, que l'on maintient jusqu'à la fin du travail.

Lorsque cette pression est restée invariable pendant dix à quinze minutes, on met en mouvement l'agitateur de la cuve-matière

(dans laquelle se trouve la moitié ou la totalité du malt), on fait circuler l'eau de réfrigération, et on ouvre partiellement la soupape de vidange du cuiseur. Sous l'action de la pression qui règne à l'intérieur de ce dernier, les pommes de terre réduites en une bouillie fine sont refoulées dans le tuyau de vidange et arrivent peu à peu dans la cuve-matière, où le malt que celle-ci contient produit la saccharification de la fécule.

Le cuiseur de Henze dont il vient d'être question a été construit sous cette forme cylindro-conique, d'abord par Paucksch, de Landsberg, puis par de nombreux fabricants de machines, et, ainsi disposé, il a généralement donné de très bons résultats, seulement la distribution de la vapeur à l'intérieur de l'appareil s'est montrée défectueuse et dépourvue d'uniformité ; lors du travail de céréales notamment, les grains s'arrêtent dans l'angle formé par la réunion de la partie cylindrique du cuiseur avec sa partie conique. Lors du traitement de pommes de terre, la forme cylindro-conique du cuiseur présentait aussi certains inconvénients : le contenu de l'appareil n'était pas cuit uniformément, la fécule d'une partie des pommes de terre était déjà cédée à l'eau de condensation, tandis que le reste n'était pas complètement désagrégé. En d'autres termes, l'ancienne forme du cuiseur Henze ne permettait pas une désagrégation tout à fait complète des pommes de terre, et par suite aussi d'obtenir pour le moût le degré de concentration aussi élevé que possible.

Ces inconvénients disparaissent avec le *cuiseur* Henze *entièrement conique*, tel qu'il est représenté par la figure 30. Ce dernier a la forme d'un cône posé sur sa pointe, de sorte que l'adhérence de grains, de pommes de terre ou de grumeaux n'est à redouter dans un aucun point de l'appareil. Il suffit d'introduire le courant de vapeur dans le point le plus bas pour imprimer à tout le contenu du cuiseur un mouvement uniforme.

La construction de ce cuiseur entièrement conique est facile à comprendre ; l'entrée supérieure de la vapeur mérite une mention particulière ; c'est un tube circulaire perforé, indiqué dans la figure par les lignes ponctuées. Les autres armatures de l'appareil se composent d'une soupape de vidange avec roue et le tuyau de vidange qui s'y rattache, d'un robinet pour l'eau de con-

densation, d'un trou pour le nettoyage, d'un tube pour l'entrée de la vapeur, d'une soupape pour fermer cette entrée, ainsi que d'une soupape de vapeur pour un second tuyau, le tout étant adapté à la pointe du cône. On rencontre supérieurement, c'est-à-dire à la base du cône, le trou d'homme avec fermeture à étrier, la soupape

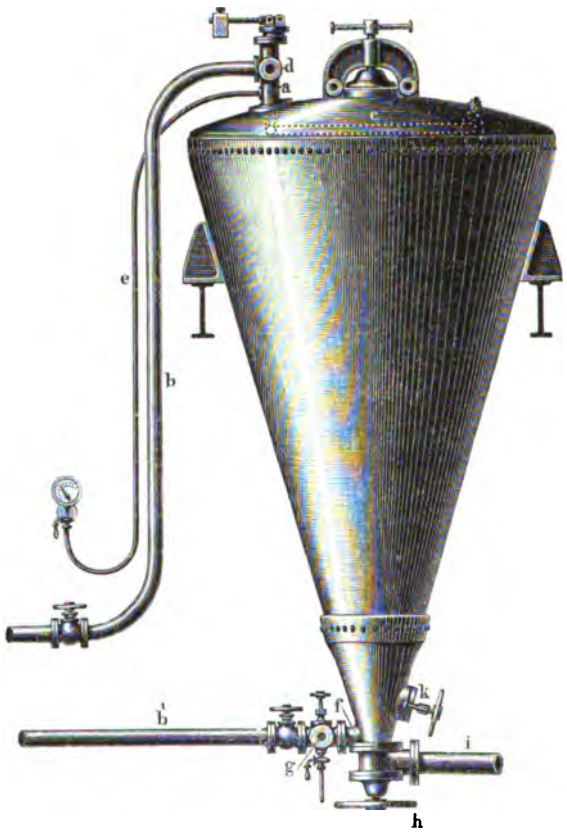


Fig. 30. — Cuiseur Ilenze ; forme conique.

de sûreté, ainsi que la conduite amenant la vapeur dans le tube perforé, qui se trouve au-dessous du fond supérieur de l'appareil et dont il a déjà été question précédemment. Enfin, le tube étroit alimentant le manomètre part de l'ajutage qui porte la soupape de sûreté. Les pièces saillantes qui se trouvent de chaque côté du cuiseur servent de points d'appui pour tout l'appareil.

Ce dispositif entièrement conique , pour lequel la Société

Pauksch, de Landsberg sur la Wartha, a pris un brevet en 1881, s'est montré si avantageux qu'il a servi de prototype aux autres constructions, et c'est pour cela que presque tous les cuiseurs sont construits avec une forme aussi conique que possible. La figure 31 représente

Fig. 31. — Cuiseur à haute pression de Hentschel, avec pointe élancée.

un pareil cuiseur à haute pression, avec pointe élancée, et la figure 32 un autre cuiseur conique à haute pression, système Egrot.

La cuisson des pommes de terre doit être conduite différemment, suivant la forme et la construction du cuiseur.

Avec un *appareil de forme entièrement* ou *presque conique* (voy. les figures 30, 31 et 32), le travail est effectué à peu près de la manière suivante :

Il faut diriger tout d'abord son attention sur la chaudière à vapeur, qui avant le commencement de la cuisson doit être alimentée aussi largement que possible et portée à la pression maxima permise, parce que précisément au début de la cuisson

Fig. 32. — Cuiseur conique à haute pression, système Egrot.

on consomme en peu de temps de grandes quantités de vapeur et que l'alimentation de la chaudière pendant la cuisson est souvent la cause d'un arrêt toujours fâcheux. L'appareil est chargé par le trou d'homme avec des pommes de terre ; 100 kg. de ces dernières exigent une capacité de 150 à 160 litres environ ; nous donnerons sur ce point, ultérieurement, des indications numériques plus

complètes. On procède ensuite à la cuisson. A l'exception du robinet pour l'eau de végétation et de la soupape de vapeur, tous les robinets sont fermés, et la vapeur n'est introduite que par l'entrée supérieure. La vapeur se condense sur les tubercules froids et l'eau résultant de cette condensation s'écoule par le robinet à eau de végétation. Dès que cette eau commence à couler et que l'air est à peu près expulsé du cuiseur, on ferme le robinet d'air. La vapeur pénétrant dans l'appareil par sa partie supérieure échauffe peu à peu uniformément de haut en bas le contenu du cuiseur, ce dont on peut facilement se convaincre en touchant ce dernier. L'introduction de la vapeur par le tuyau perforé qui se trouve dans la partie supérieure du cuiseur empêche qu'il se forme des canaux ou voies de pénétration de la vapeur à travers la masse des pommes de terre ; celles-ci s'échauffent au contraire toujours uniformément et graduellement par sections parfaitement horizontales. La forme et la construction du cuiseur Henze entièrement conique offrent cette particularité que la majeure partie des pommes de terre, qui se trouve dans la section supérieure du cuiseur, est le plus longtemps en contact avec la vapeur, tandis que la plus faible partie des tubercules, qui occupe les sections inférieures, reste moins longtemps exposée à l'action de la vapeur, mais en revanche est réchauffée par l'eau de condensation. On élève la pression jusqu'à trois atmosphères, et l'on peut procéder à la vidange de l'appareil dès que la pointe du cône est devenue chaude. Relativement à la durée d'une cuisson, il est à remarquer, en admettant que l'appareil soit bien construit, que l'échauffement des pommes de terre exige quinze à vingt minutes environ et qu'en quarante-cinq autres minutes, une pression de trois atmosphères est atteinte. Durée totale : soixante-dix à soixante-quinze minutes environ.

Pendant la cuisson des pommes de terre, le robinet à eau de végétation doit rester ouvert, jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule soit devenu laiteux par de l'amidon entraîné. Si l'on veut préparer un moût plus ou moins épais, on laisse perdre l'eau de végétation s'écoulant avec l'amidon, ou bien on peut l'envoyer dans la cuve-matière et là l'employer à la préparation du moût ou comme eau d'empâtage pour le malt. Mais je ne procéderais de

cette dernière façon que s'il s'agissait de traiter des pommes de terre gelées, contenant du sucre, parce que dans ce cas on perdrait non seulement de la fécule, mais encore du sucre. Du reste, il ne faut pas négliger de rechercher l'amidon dans les eaux de condensation et de végétation, au moyen de la solution d'iode.

Pour préparer des moûts épais, il est également nécessaire d'employer une vapeur aussi sèche que possible; on enveloppera la conduite de vapeur et le cuiseur avec des matières conduisant mal la chaleur, ou bien on intercalera dans le point le plus bas de la conduite un vase en fer avec robinet pour faire écouler l'eau condensée.

Avec les *cuiseurs cylindro-coniques* on injecte d'abord la vapeur par la partie supérieure, jusqu'à ce que de la vapeur et de l'eau s'échappent inférieurement. Maintenant, on ferme le robinet de l'eau de végétation et l'entrée de vapeur supérieure, et l'on ne cuit qu'avec le tuyau de vapeur inférieur et de façon que dans une heure on ait atteint au manomètre une pression de trois atmosphères. On laisse cette pression régner dans le cuiseur pendant encore dix minutes environ et l'on procède à la vidange de l'appareil par pression au moyen de vapeur introduite par en haut. Avec ce cuiseur cylindro-conique l'opération de la cuisson exigera en tout également cinq quarts d'heure environ. Dans ce cas aussi, on laisse perdre l'eau de végétation ou bien on l'envoie dans la cuve-matière, mais pendant la cuisson il faut l'éliminer, pour que les pommes de terre qui se trouvent dans le cône soient complètement désagrégées.

La cuisson doit être effectuée comme il vient d'être dit, lorsqu'il s'agit du traitement de pommes de terre *normales*. Mais lorsqu'il se présente des conditions *anormales*, le maître cuiseur doit en tenir compte. Par exemple, avec des *pommes de terre très riches en fécule*, il faut, pour bien réussir la cuisson, observer les précautions suivantes : jusqu'à la pression de 1 atmosphère (au manomètre), on fait entrer la vapeur par en haut, et ensuite par en bas. La pression doit être élevée très lentement et portée à 3 ou 4 atmosphères ; la vidange doit avoir lieu sous cette dernière pression. On s'oppose à la formation de canaux de vapeur dans la masse des pommes de terres en laissant souffler la soupape ou mieux le robinet d'air.

Lors de la *cuisson de pommes de terre gelées et pourries*, il ne faut pas oublier que celles-ci, par suite de leur rapide ramollissement dans le cuiseur HENZE, se prennent en une masse compacte, qui n'est que difficilement traversée par la vapeur. Les rendements extraordinairement réduits que l'on observe souvent lors du traitement de pommes de terre pourries ou gelées doivent être uniquement attribués à l'ignorance des points suivants : Pour des pommes de terre saines, la construction du cuiseur HENZE doit être considérée comme absolument idéale. Les pommes de terre saines chargées dans le cuiseur laissent partout entre elles des espaces vides permettant le passage de la vapeur, qui peut alors se répandre uniformément dans toutes les directions. Les pommes de terre malades sont molles, de sorte que, lorsqu'elles ont été introduites dans le cuiseur en une couche assez épaisse, elles se réduisent par leur propre poids en une masse compacte, qui ne peut être que difficilement pénétrée par la vapeur. A mesure que l'échauffement fait des progrès, la masse se ramollit de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin il se forme une cloison dense et solide, qui empêche complètement la pénétration de la vapeur dans les différentes parties du cuiseur. Les indications du manomètre deviennent alors incertaines. Souvent on parvient, en appliquant simplement la main sur le cuiseur, s'il n'est pas muni d'un revêtement, à observer de l'extérieur, pendant la cuisson, des différences de température. Il convient donc d'échauffer très lentement les pommes de terre gelées ou pourries, soit pendant une heure environ avec le robinet d'air soufflant ou même le trou d'homme étant ouvert. Le dégagement continu de la vapeur, accompagné du mouvement ininterrompu du contenu de l'appareil, empêche l'agglomération des pommes de terre malades. Après avoir fermé le robinet d'air ou le trou d'homme, on élève la pression à 3 atmosphères, que l'on maintient pendant quinze à vingt minutes, et l'on opère la vidange à 3 atmosphères et demie.

Dans tous les cas où il s'agit de cuire des matières anormales, se désagrégeant difficilement, il ne faut pas oublier que *la désagrégation complète de l'amidon lors de la cuisson n'est obtenue que s'il est permis à la vapeur d'arriver partout uniformément en contact avec chacune des particules les plus petites de la matière con-*

tenue dans le cuiseur. Il faut s'efforcer en toutes circonstances de remplir ces conditions et le succès ne fera pas défaut. Il faut aussi éviter une pression démesurément haute; ce point sera traité ultérieurement avec quelques détails.

L'évacuation des matières désagrégées du cuiseur dans la cuve-matière, où a lieu la saccharification, la *vidange*, ne doit jamais avoir lieu sous une faible pression, mais si c'est possible sous une pression plus haute que celle qui a été employée pendant la cuisson elle-même. Ce n'est que de cette façon que l'on parvient à obtenir, par le choc énergique de la masse cuite sur les angles aigus de l'appareil de vidange (grille, soupape, robinet, etc.), une division aussi grande que possible et avec cela une saccharification complète de la matière amylacée.

Les *explosions* de cuiseurs Henze, qui se produisent de temps à autre, exigent de la part des constructeurs un choix judicieux de la matière avec laquelle ils doivent être fabriqués et un travail tout à fait soigné. Le propriétaire du cuiseur doit à son tour avoir soin d'établir l'appareil dans un local clair et de façon qu'il soit accessible de tous côtés. De temps en temps, mais régulièrement au commencement d'une nouvelle campagne, le cuiseur devrait être soumis à essai de pression.

Le meilleur moyen, pour conserver en bon état pendant longtemps le *cuiseur* Henze, repose sur un lavage et un nettoyage complets des pommes de terre. Si les tubercules sont mal lavés, le sable encore adhérent use en peu de temps les parois internes du cuiseur, par suite du mouvement rotatoire du contenu de l'appareil.

L'enveloppement du cuiseur à haute pression avec un revêtement conduisant mal la chaleur, dont il a déjà été question précédemment, est destiné comme on le sait, à empêcher les pertes de chaleur, à économiser la vapeur et le combustible, et à favoriser ainsi la préparation de moûts concentrés. En présence du danger des explosions, sur lequel on a plus haut attiré l'attention, Bücheler serait d'avis de n'employer qu'un revêtement qui puisse être enlevé facilement et rapidement, afin de pouvoir effectuer l'essai des parois du cuiseur fréquemment et sans difficultés.

La *capacité du cuiseur* doit être à peu près la suivante : Pour le

traitement de 50 kg. de pommes de terre très riches en amidon 70 litres environ, pour des tubercules moins riches 80, et pour des pommes de terre tout à fait pauvres 85 litres. Ce dernier chiffre s'applique spécialement au cuiseur de forme entièrement conique.

Le rapport entre la *capacité du cuiseur et celle de la cuve à fermentation* est, pour la préparation du moût à 20 p. 100 environ, à peu près celui de 115 à 120 litres de capacité de cuiseur pour 100 litres de capacité de cuve. Mais depuis que les appareils mobiles pour la réfrigération des cuves à fermentation et le dépelage des moûts sont de plus en plus en usage et qu'on peut, par suite, diminuer l'espace perdu et mieux utiliser la capacité imposable que le moût doit occuper dans la cuve, le calcul précédent n'est plus tout à fait exact. Il est plus convenable d'admettre que 16,75 kg. à 18,75 kg. d'amidon sous forme de pommes de terre doivent occuper après leur transformation en moût une capacité de 100 litres dans la cuve à fermentation pour donner, en supposant l'espace perdu égal à 10 p. 100 et la drèche égale à 4 p. 100, un moût marquant 24 à 26 p. 100 au saccharomètre. En employant pour la cuve un réfrigérant mobile, l'espace perdu est réduit de 10 à 5 p. 100 ; avec l'appareil à dépeler la quantité de la drèche est abaissée de 4 à 2 p. 100, de sorte qu'on utilise en plus 7 p. 100 de la capacité destinée au moût dans la cuve.

Prenant ces données pour base, il faut pour une capacité de cuve de 100 litres les quantités suivantes de pommes de terre :

TENEUR en amidon des pommes de terre.	POUR OBTENIR UN MOUT MARQUANT			
	24° saccharométriques.		26° saccharométriques.	
	sans réfrigérant dans la cuve.	et avec dépelage.	sans réfrigérant dans la cuve.	et avec dépelage.
Pour 100.	Kg.	Kg.	Kg.	Kg.
16	104,70	112,05	117,20	125,40
18	93,05	99,50	104,15	111,45
20	83,75	89,60	93,75	100,30
22	76,15	81,50	85,15	91,20
24	69,80	74,70	78,15	83,60

Pour une capacité de 100 litres de la cuve à fermentation il faut

donc comme capacité de cuiseur (80 litres de cuiseur par 50 kg. de pommes de terre) :

AMIDON p. 100 dans les pommes de terre.	LITRES	LITRES	LITRES	LITRES
16	167,5	179,3	197,5	200,6
18	148,9	159,3	166,6	174,8
20	134	143,4	150	160,5
22	121,8	130,4	136,4	145,9
24	111,7	119,5	125	133,8

Plus le moût doit être épais et plus les pommes de terre sont pauvres en fécule, plus grande doit être la capacité du cuiseur.

Le cuiseur de HENZE est en outre pourvu des appareils suivants, destinés à en assurer le bon fonctionnement : l'*exhausteur* et les *dispositifs pour la distribution plus parfaite de la vapeur* et *pour la vidange*.

Exhausteur. — Avec le système à haute pression de HENZE, la vidange devait être effectuée très lentement, afin de ne pas endommager ou de rendre tout à fait inactif par une haute température le malt saccharificateur contenu dans la cuve-matière. On évita cet inconvénient au moyen d'un *exhausteur à jet de vapeur*.

A proprement parler, ce n'est qu'avec cet appareil que le cuiseur de HENZE a pu être adopté définitivement, car maintenant, avec quelques précautions, il était impossible d'échauder le malt avec le contenu chaud du cuiseur; bien plus, on put diminuer la dose du malt et effectuer rapidement la vidange sans craindre d'anéantir la diastase.

Les exhausteurs reposent sur le principe suivant : Lorsqu'on fait arriver un jet de vapeur dans un tube d'un certain diamètre, la vapeur, par suite de son expansion subite, produit un vide, dans lequel l'air se précipite avec une grande vivacité.

La figure 33 représente la disposition de l'exhausteur que construit la société E.-G. BOHM, de Fredersdorf. Du couvercle de la cuve-matière part une cheminée en tôle, dans laquelle débouche, en A, le tuyau de vidange du cuiseur; au-dessus, en E, est adapté

l'exhausteur, qui aspire à l'encontre d'un courant d'air froid la masse de pommes de terre sortant du cuiseur finement divisée et la refroidit ainsi d'autant plus énergiquement que le chemin qu'elle a parcouru au milieu du courant d'air froid est plus long.

Pour qu'un exhausteur produise une réfrigération énergique, il faut donc que la cheminée ait une certaine hauteur, ainsi qu'un grand diamètre. C'est pour cela que le tuyau de vidange du cuiseur doit déboucher dans la cheminée à 1,5 m.-2 m. au-dessus de la cuve-matière, et cette cheminée offre d'autant plus d'espace à l'air froid aspiré que son diamètre est plus grand.

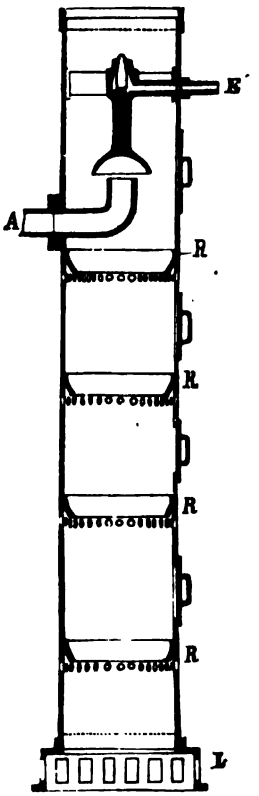


Fig. 33.
Exhausteur à jet de vapeur.

Les pièces en forme d'entonnoirs, R, qui se trouvent dans la cheminée rassemblent la masse sortant du cuiseur. Au-dessous de ces entonnoirs, la cheminée est munie d'une couronne de petites ouvertures, par lesquelles l'air froid peut pénétrer et circuler autour de la masse. Les nombreuses portes de nettoyage dont la cheminée est pourvue permettent d'enlever facilement les masses d'empois qui y sont restées adhérentes et s'y sont solidifiées.

Malgré que l'exhausteur ait été rapidement adopté partout, et que, tout en donnant à l'opération du démêlage toute la sécurité désirable, il permit aussi de l'effectuer dans le temps le plus court possible, la construction moderne tend cependant, sinon à le supprimer tout à fait, mais au moins à lui faire subir une transformation profonde. Et cela *uniquement* parce que l'exhausteur, avec la forme qui vient d'être décrite, est un appareil difficile à nettoyer. Lors de la vidange, la masse des pommes de terre s'étale en forme d'entonnoir renversé; si, d'après cela, on donne aussi cette forme à la cheminée de l'exhausteur dans sa partie inférieure, dans le point où elle se confond avec le couvercle de la cuve-matière, la masse cuite, lors de la vidange, n'arrivera plus au contact des parois de l'exhausteur. Cet avantage est mis à profit, par exemple, dans

la cuve-matière construite par HENTSCHEL qui sera décrite plus loin.

Les cuves-matières de construction récente avec leur réfrigération perfectionnée et leurs excellents dispositifs pour le broyage de la masse cuite et le démêlage, peuvent à la rigueur se passer d'un exhausteur. Ou bien, comme cela arrive aujourd'hui fréquemment, le tube amenant la vapeur n'est pas adapté dans le tuyau de vidange, mais à côté d'un tuyau de vidange ordinaire est établie une cheminée par laquelle un courant d'air froid est dirigé à la surface du moût qui se trouve dans la cuve-matière. [C'est ce qui a lieu, par exemple, dans la cuve-matière de PAMPE, dont il sera question dans le Chapitre VII.]

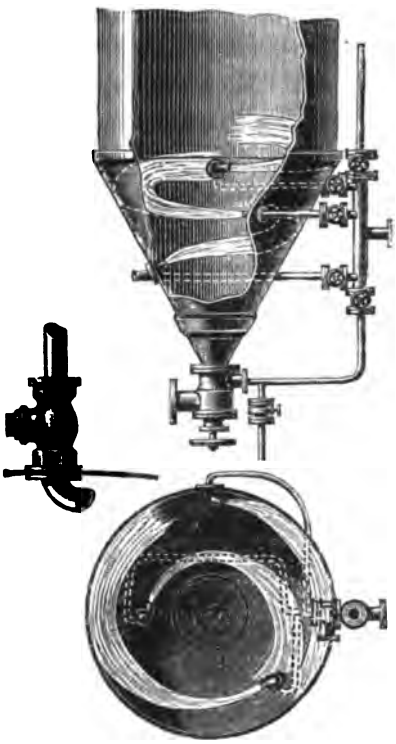


Fig. 34. — Introduction de la vapeur dans le cuiseur Henze cylindro-conique, d'après Delbrück.

Distribution de la vapeur dans le cuiseur Henze. — Dans les cuiseurs de HENZE de forme complètement ou à peu près conique (voy. fig. 30, 31 et 32, p. 109, 110 et 111), un dispositif particulier pour la distribution de la vapeur n'est pas nécessaire. Les deux larges entrées de vapeur, situées l'une dans le point le plus élevé de l'appareil, l'autre dans le point le plus bas, sont tout à fait suffisantes et procurent une bonne désagrégation, parce que la vapeur pénétrant par de larges tubes arrive partout au contact des matières à traiter.

Dans les anciens cuiseurs, de forme cylindro-conique, la désagrégation des pommes de terre malades et celle des céréales étaient souvent très imparfaites. C'est pour cela que dans le cône de l'appareil on a établi, l'une au-dessus de l'autre, plusieurs entrées de vapeur, de façon que celle-ci dût se mouvoir de bas en haut en

décrivant une spirale sur les parois inclinées. Dans ce but, l'extrémité intérieure du tube de vapeur est recourbée brusquement et tournée un peu par en haut. La figure 34 représente le dispositif en question en coupes verticale et horizontale.

Dans ces derniers temps, ces dispositifs plus ou moins compliqués de distribution de la vapeur ont été peu à peu relégués au second plan, parce que les cuiseurs de construction moderne avec deux entrées de vapeur, l'une supérieure, l'autre inférieure, sont tout à fait suffisants pour les pommes de terre de bonne ou de mauvaise qualité, ainsi que pour le maïs et les céréales (traités sous forme de grains entiers).

Dispositifs pour la vidange des cuiseurs Henze. — Comme soupape de vidange, on se servait primitivement d'un robinet simple, dont l'ouverture avait une forme prismatique. Mais avec le temps on a construit un grand nombre de dispositifs différents, ayant pour but de diviser les masses cuites aussi finement que possible, soit à l'aide d'angles aigus, soit à l'aide d'autres résistances en forme de grilles.

Ainsi, Ellenberger adapta à son cuiseur une vanne à arêtes vives, ce qui améliora la fermeture à robinet.

Des *dispositifs en forme de grille*, adaptés dans la partie inférieure du cuiseur, ont été construits, par exemple, par Leinhaas, de Freiberg (grille double) et par Hentschel, de Grimma (grille en forme d'éventail). Les deux dispositifs servent aussi bien comme distributeurs de vapeur que comme appareils de broyage, car en passant entre les barreaux à arêtes vives de ces grilles, la masse cuite subit un broyage complet. Mais pour éviter certains désagréments, il convient aussi d'établir devant la grille un registre, permettant, lorsqu'il se produit des obstructions, de retirer la grille afin de la nettoyer.

Les barreaux formant les grilles sont à arêtes vives ; leur écartement est différent suivant la matière traitée ; il est plus grand pour les pommes de terre, plus petit pour le maïs.

Parmi les différents tuyaux de vidange, nous ne mentionnerons que celui de Barthel (fig. 35 à 37), afin de montrer comment agissent ces appareils diviseurs. La figure 35 représente une coupe longitudinale de l'appareil, la figure 36 une vue de la grille et la

figure 37 un pareil tube avec les dents dont il est muni intérieurement. L'appareil se compose d'une boîte *a*, vissée sur le fond du cuiseur, et du tuyau de vidange *b*, qui y est fixé.

La boîte *a* est munie de deux collets verticaux venus de fonte, qui servent l'un pour la visser sur le cuiseur et l'autre sur le tube *b*; en outre, elle est pourvue supérieurement d'un trou d'homme avec fermeture à étrier, afin de pouvoir la nettoyer lorsque c'est nécessaire.

La grille *c* (fig. 36) est destinée à retenir les fragments de bois,

Fig. 35. — Coupe longitudinale.

Fig. 36. — Grille.

Fig. 37. — Coupe transversale.

Tuyau de vidange de Barthel.

les pierres et les autres matières que peuvent contenir les masses cuites et elle est disposée de façon qu'on puisse l'enlever, afin de la nettoyer. Elle est maintenue de l'extérieur par la vis *d* et elle partage en quelque sorte la boîte *a* en deux compartiments.

Pendant que dans le premier compartiment la pression de trois à quatre atmosphères, qui met en mouvement la masse cuite dans la direction de la flèche, ne provient que de l'appareil Henze, il pénètre de l'extérieur, par la soupape *e*, un jet de vapeur directe que l'on doit régler exactement et qui, à l'aide du tube coudé *f*, est dirigé horizontalement; ce jet de vapeur augmente la vitesse de la masse s'échappant par la grille.

Sous l'influence de l'action de cette vapeur directe, les matières cuites et ramollies qui traversent la grille sont poussées avec une grande énergie contre les dents *g* fixées à l'intérieur du tube *b* et

sont ainsi broyées et finement divisées. Les dents *g* ont la longueur du rayon du tube *b* et arrivent toutes, par conséquent, jusqu'à son axe (fig. 37); elles sont fixées suivant les rayons de *b* et, à une distance égale les unes des autres, sur une ligne en forme de spirale.

Le meilleur broyeur est sans contredit le broyeur-dépeleur à pompe centrifuge, contruit par E.-G. Bohm, de Fredersdorf, près Berlin; il est représenté par la figure 38. Comme cet appareil n'a pas jusqu'à présent été apprécié à sa juste valeur et que par suite il ne s'est pas autant répandu qu'il le méritait, nous devons décrire

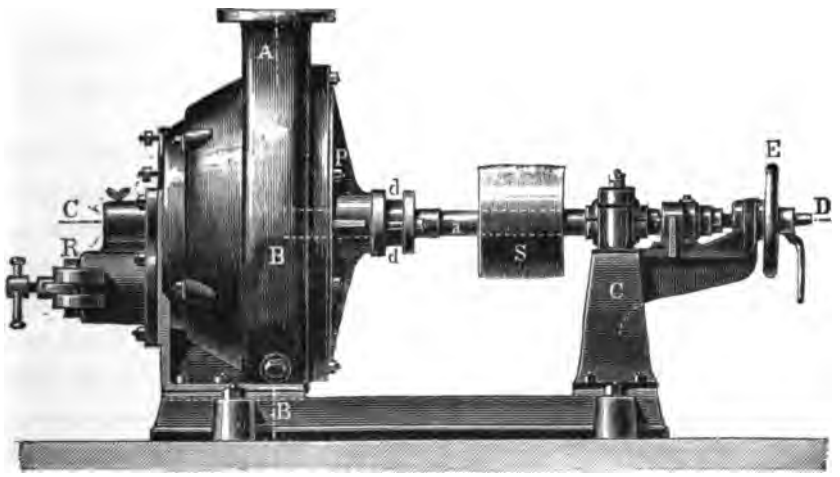


Fig. 38. — Broyeur dépeleur à pompe centrifuge de Bohm.

exactement dans les lignes suivantes ses avantages, sa disposition et les usages auxquels il peut servir en général.

Cet appareil a pour but de diviser aussi finement que possible et de mélanger de la manière la plus intime, pendant l'opération de la préparation du moût, les matières amylacées qui dans la distillerie sont employées pour cette préparation (pommes de terre, maïs, seigle, orge, malt, etc.). Grâce à la désagrégation presque complète ainsi rendue possible, on obtient un moût concentré et cependant fluide, et qui lors de la fermentation n'a que peu de tendance à monter. Cela est important surtout dans les années où la distillerie a à traiter des pommes de terre mauvaises, non parvenues à maturité ou atteintes de pourriture sèche. Voici maintenant l'explication de la figure 38, mentionnée plus haut.

Une plaque de fondation supporte la boîte en fonte épaisse B et un palier C ; dans la direction de l'axe de la boîte est établi un arbre *a*, qui traverse la paroi P au moyen d'un presse-étoupe ; l'une des extrémités de l'arbre qui se trouve en dehors de B repose sur le palier C, au delà duquel il est relié à la manivelle E, à l'aide de laquelle les disques-broyeurs peuvent être rapprochés ou éloignés ; l'autre extrémité de l'arbre repose intérieurement sur un coussinet en bronze, qui peut être graissé de l'extérieur, après enlèvement d'une vis à oreilles. A l'intérieur de la boîte B, l'arbre porte une roue à aubes de construction spéciale, sur laquelle est vissé l'un des disques-broyeurs en acier très dur ; le second disque, qui correspond au premier et l'entoure, est fixé centriquement dans la boîte à l'aide de vis.

La boîte B est munie latéralement d'un tuyau d'écoulement dirigé par en haut et inférieurement d'un autre tuyau, par lequel les matières entrent dans l'appareil et sur lequel se trouve le regard R pour le nettoyage. Au-dessus de R et de la vis à oreilles, la boîte présente une ouverture, devant laquelle on visse un tube coudé double avec deux soupapes pour l'introduction d'eau et de vapeur (également en vue du nettoyage de l'appareil). En outre, il se trouve encore dans la partie la plus basse de l'appareil une ouverture munie d'un bouchon à vis en bronze, destinée au nettoyage et par laquelle on peut évacuer les derniers restes de liquide.

L'appareil est mis en mouvement à l'aide de la poulie S.

Il peut être facilement établi dans toute distillerie, que l'on y travaille par le nouveau procédé ou par l'ancien, parce qu'il est installé, non pas dans la cuve à moût, mais à côté de celle-ci.

Le nettoyage de cet appareil, qui remplace la pompe à moût sucré, peut être effectué au moyen d'eau ou de vapeur simplement et sûrement.

Nous reparlerons du broyeur de *Bohm* lors de la description de son cuiseur.

Jusqu'ici il n'a été donné que de courtes indications sur la *transformation* que l'*amidon des matières premières* subit lors de la cuisson d'après l'ancien procédé, de même que d'après le nouveau. C'est pourquoi, il vaut la peine de parler ici de ce qui est relatif à

ce point extrêmement important, dont la notion est nécessaire pour la conduite rationnelle des opérations de la cuisson et de la saccharification avec les différentes particularités qu'elles présentent. Si nous ne considérons tout d'abord que la pomme de terre, nous trouvons à l'examen microscopique que la chair de ce tubercule cru est formée de cellules, entourées chacune d'une membrane. Ces cellules renferment la matière amylacée flottant dans un liquide aqueux (eau de végétation). La *substance intercellulaire*, qui unit les cellules entre elles et représente un conglomérat de cellules, se compose de corps pectiques et gommeux ; ces corps sont tout à fait insolubles dans l'eau froide, partiellement solubles dans l'eau à 100°, facilement et complètement solubles à haute pression.

Si l'on fait cuire les pommes de terre dans une atmosphère de vapeur d'eau à la pression ordinaire ou en tension seulement très faible, la *granulose* de la fécule donne naissance uniquement avec l'eau de végétation contenue dans le suc cellulaire à une combinaison peu stable : *formation d'empois*. L'eau de la vapeur introduite dans l'appareil ne participe pas (lors du traitement des pommes de terre) à cette formation d'empois. Il en est tout autrement lors de la cuisson de céréales ; à cause de la grande teneur en amidon et de la faible teneur en eau de ces dernières, il est nécessaire, pour obtenir la désagrégation complète de l'amidon, de leur donner dans le cuiseur à haute pression la quantité d'eau convenable pour les ramollir et les gonfler.

Par suite de la formation d'empois, les grains d'amidon gonflent, ils remplissent uniformément l'intérieur des cellules, qui, malgré cela, restent intactes ; seule la cohésion des cellules entre elles est détruite sinon complètement, au moins en majeure partie, par suite de la dissolution de la substance intercellulaire. C'est ainsi qu'agit la cuisson sur l'amidon dans l'*ancien procédé*. La solution d'iode ne donne pas la réaction caractéristique de l'amidon, parce que celui-ci se trouve sous forme d'empois enfermé dans les cellules. Faisons encore remarquer incidemment que les corps albuminoïdes coagulables contenus dans la pomme de terre participent aussi, bien qu'à un très faible degré, à l'absorption de l'eau de végétation mentionnée plus haut et passent à l'état solide.

Comparé à l'ancien procédé, qui laisse beaucoup à désirer rela-

tivement à la propreté et au rendement, puisqu'il laisse non désagrégé 5 à 10 p. 100 de l'amidon, le *nouveau procédé* ou *procédé à haute pression*, qui ne peut, on le comprend, être appliqué avec des cuiseurs en bois, se distingue par les grands avantages qu'il présente. Au lieu de la réduction de l'amidon en empois (souvent défectueuse) que l'on obtient avec l'ancien procédé, la *haute pression* produit la *dissolution temporaire de l'amidon dans l'eau*. Ce dernier se trouve ainsi préparé pour l'action de la diastase du malt aussi favorablement que possible et il peut, lors de la saccharification se transformer presque instantanément en sucre (maltose et dextrines).

Le procédé à haute pression, tel qu'il est appliqué dans nos distilleries, repose sur les principes suivants : Si l'on chauffe un mélange d'une partie d'amidon et de deux parties d'eau, on obtient un empois, qui à la température ordinaire forme une masse tout à fait solide. Mais si l'on chauffe cet empois solide sous une pression de 2 à 2 1/2 atmosphères, correspondant à 135-140°, il se liquéfie complètement, l'amidon se dissout dans l'eau. Cependant, après le refroidissement, on n'observe pas l'état élastique caractéristique de l'empois, mais l'amidon se sépare à l'état solide, dur et complètement insoluble.

L'action du procédé à haute pression consiste donc dans une dissolution *temporaire* de l'amidon, à laquelle succède, le refroidissement de la masse venant à se produire, une séparation. Nous sommes, par conséquent, ici en présence du cas d'une solution dite *sursaturée* et pour la pratique de la préparation du moût, qui consiste en une transformation de l'amidon dissous en sucre à l'aide du malt, nous en tirons la conclusion extrêmement importante, que le travail de la saccharification doit marcher d'autant plus favorablement que le mélange du malt avec l'amidon encore liquide a lieu plus rapidement et est plus intime. Un commencement de la séparation de l'amidon de la solution sursaturée entraîne toujours des pertes de sucre, parce que la masse cuite et ensuite refroidie ne peut être que très imparfaitement saccharifiée par le malt.

Bien que les cuiseurs Henze soient essayés par pression hydraulique jusqu'à 8 atmosphères, ils ne permettent cependant, lors de la cuisson, qu'une tension maxima de 4 atmosphères ; au delà,

la soupape souffle. Pour la cuisson des céréales, cette pression est tout à fait suffisante; une pression plus haute serait non seulement inutile, mais encore nuisible. Mais, lors du traitement de pommes de terre saines, une tension de 3 atmosphères et la vidange de la masse cuite chaude sous cette pression par des ouvertures étroites à arêtes vives sont suffisantes pour obtenir une bouillie fine, homogène.

A une pression supérieure à 5 atmosphères correspondant à 160°, l'amidon se décompose. La coloration très foncée que présentent fréquemment les moûts ne provient pas, comme on pourrait le croire, d'une décomposition de l'amidon, parce qu'une pression de plus de 5 atmosphères n'est guère employée lors de la cuisson des matières à alcooliser. Cette couleur foncée des moûts, qui est accompagnée d'une odeur et d'une saveur empyreumatiques est due à la caramélisation (décomposition) de sucres fermentescibles (maltose). La saveur de pareils moûts, qui n'ont plus la saveur sucrée pure, mais, comme on dit, un goût de brûlé, amer, suffit déjà pour indiquer qu'il s'est produit une perte de sucre. Il faut donc bien se garder, pendant la cuisson, de laisser la pression s'élever à un degré inutile, afin, lors du traitement de pommes de terre, d'éviter de perdre du sucre et d'obtenir un moût fermentant difficilement. Avec des pommes de terre saines, une pression de 3 atmosphères tout au plus pendant la cuisson est suffisante, et lors de la vidange, mais seulement à ce moment, on peut élever la pression au-dessus de 3 atmosphères et demie. L'opinion très répandue, qui consiste à admettre que plus est haute la pression lors de la cuisson, plus aussi est élevée la teneur en sucre des moûts, est, du moins en ce qui concerne le traitement des pommes de terre saines, tout à fait erronée.

II. — Traitement du maïs, du riz, du dari et des céréales.

a. Ancien procédé, sans haute pression.

Abstraction faite des distilleries de grains et des fabriques de levure pressée, ce procédé n'est plus employé que dans un très petit nombre de distilleries agricoles et sur une très petite échelle,

et le mode de travail primitif qui y est suivi ne donne généralement que des résultats très peu satisfaisants. Nous nous contenterons donc de décrire brièvement ce mode de travail.

Traitement du maïs. — Nous dirons tout d'abord, pour ce qui concerne le *traitement du maïs*, que la dureté de ses grains rend indispensable le concassage de ces derniers. Le maïs concassé est mélangé avec 2,5 à 3 fois son poids d'eau froide ou tiède, il est ensuite chargé dans le cuiseur et empâté. On n'emploie comme cuiseur dans les plus petites distilleries qu'un tonneau vertical, dont le fond supérieur a été enlevé. A l'aide d'un tube, la vapeur produite dans la chaudière à vapeur ou l'appareil distillatoire est amenée tout près du fond du tonneau cuiseur ; au moyen d'un couvercle ou d'un sac étendu sur le grain on empêche l'échappement de la vapeur par en haut, ainsi que la projection de la masse.

Le traitement par la vapeur dure une heure et demie à deux heures ; après quoi, la bouillie de maïs épaisse, visqueuse, qui renferme l'amidon en majeure partie sous forme d'empois, est amenée par une bonde de fond dans le bac refroidisseur. Le refroidissement de la masse cuite à la température de saccharification dans le bac refroidisseur exige toujours plusieurs heures, parce que les parties qui se trouvent à la surface et sont exposées à l'action réfrigérante de l'air se recouvrent bientôt d'une membrane très épaisse et rendent ainsi presque impossible le refroidissement des couches sous-jacentes.

Ce refroidissement partiel, pendant lequel l'amidon réduit en empois se sépare à l'état presque insoluble, et, en outre, le concassage grossier font qu'il n'est même pas possible d'obtenir une désagrégation et par suite une saccharification de l'amidon seulement à peu près satisfaisante. Si l'on écrase entre les doigts cette bouillie de maïs, on constate, indépendamment de la sensation graveleuse qu'elle donne généralement au toucher, la présence de particules grossières ou de gros fragments de grains. Un essai avec la solution d'iode sur le moût saccharifié renseignera aussi suffisamment sur la valeur de ce mode de travail. Le rendement en alcool obtenu par cette voie s'élève en général à 6,5-7 p.100 du volume du moût.

Suivant mon opinion, on rendrait le travail plus rapide et meilleur en ajoutant au maïs cuit et refroidi à 75° environ un tiers ou un quart de la totalité du malt de saccharification sous forme de lait de malt. La bouillie de maïs visqueuse serait ainsi fluidifiée, le refroidissement serait plus rapide et la saccharification plus parfaite.

La désagrégation de l'amidon serait certainement plus complète, si le maïs était finement concassé ou même finement moulu. Cependant, la cuisson du maïs réduit en farine ou finement concassé ne réussit bien que si la farine a été préalablemeut empâtée avec de l'eau tiède très doucement et en agitant continuellement, ce qui exige vingt à trente minutes. On doit ensuite ne chauffer que lentement à l'aide de la vapeur, également en agitant, afin d'éviter la formation de grumeaux. Une addition de malt ou encore mieux de lait de malt rend la fluidification de la masse plus rapide.

Mais ce mode de travail est assez compliqué ; aussi n'est-il qu'à peine employé dans les petites distilleries ; on donne aussi la préférence au traitement du maïs concassé, parce que la mouture de ce grain en farine fine attaque fortement les meules, de sorte qu'au bout de très peu de temps on est obligé de les repiquer ; en outre, le prix de la mouture dans les moulins publics est très élevé (par 100 kg. environ 1 fr. 75 pour la farine fine et 1 fr. 25 pour la farine grossière).

Les petites distilleries qui disposent d'une cuve-matière avec appareil réfrigérant obtiennent déjà, en traitant du maïs concassé, un résultat beaucoup meilleur et alors les rendements allant jusqu'à 10 p. 100 du volume du moût ne sont pas rares. On doit recommander à ces distilleries de travailler à peu près de la manière suivante : Par 100 litres de capacité de cuve, on emploie jusqu'à 25 kg. de farine de maïs ; en outre, on verse dans la cuve-matière 75 litres d'eau par 50 kg. de farine. Pendant que l'eau est chauffée, on ajoute dans la cuve de petites quantités de malt vert — pour 100 kg. de maïs, 500 à 760 gr. environ et on fait tomber la farine de maïs en un mince filet, de façon qu'il ne puisse pas se former de grumeaux, par conséquent pendant que l'agitateur est en marche ; on chauffe doucement en élevant graduellement la température jusqu'à 75°-87°,5, afin de produire la flui-

dification de la masse par le malt vert ajouté ; on chauffe ensuite jusqu'à 100° et l'on maintient cette température pendant un certain temps (vingt à trente minutes), afin d'obtenir la transformation en empois aussi parfaite que possible. On refroidit ensuite à 67°,5, on ajoute le reste de malt nécessaire pour la saccharification et l'on procède comme à l'ordinaire.

Dans les petites distilleries, on procède aussi, pour la désagrégation du dari et des céréales, d'après les principes sur lesquels est basé le traitement du maïs. Ici, il est préférable de travailler avec les grains finement concassés ou réduits en farine, en admettant que l'on prenne les précautions nécessaires pour empêcher la formation de grumeaux. Il est, en effet, certain que plus la division des matières premières à travailler est complète et grande, plus la désagrégation de l'amidon et la saccharification sont parfaites, le mode de travail étant d'ailleurs convenablement choisi.

Traitement du seigle. — Le *traitement du seigle pour eau-de-vie de grains* n'est pas généralement en usage dans l'Allemagne du Sud, tandis que dans l'Allemagne centrale et l'Allemagne du Nord, le *grain* (*Korn*) si apprécié est préparé dans un grand nombre d'usines.

Le procédé usité est en général le suivant :

Le seigle est finement *moulu* sur une meule, et dans les petites distilleries la quantité destinée pour une opération est mise à tremper pendant une nuit dans la cuve-matière avec de l'eau froide et un peu d'acide sulfurique. Par 100 litres de capacité de cuve, on prend pour une trempe épaisse jusqu'à 25 kg. de farine de seigle et 5 kg. de farine de malt touraillé. Si le malt est de très bonne qualité, on peut se contenter d'une quantité moindre. En employant du malt vert, ce qui du reste n'a lieu que rarement dans les distilleries de grains, les proportions indiquées conviennent également, parce que le touraillage et l'élimination des germes du malt donnent lieu à des pertes en albumine et en force diastasique.

Dans les grandes usines, où la farine de seigle n'est pas soumise à une trempe préalable pendant une nuit, la quantité d'eau nécessaire pour la préparation du moût, mesurée aussi exactement que possible, doit être prise assez chaude pour que, après l'intro-

duction du seigle et du malt, on ait encore une température de 50°. Souvent, on ajoute d'abord le malt et ensuite le seigle, ou d'abord un tiers de la quantité du malt, puis le seigle et enfin le reste du malt. L'addition lente des matières moulues à empâter, l'agitateur tournant aussi rapidement que possible, empêchera la formation de grumeaux. Dans tous les cas, on ne doit pas commencer la cuisson avant que tous les grumeaux soient détachés de l'agitateur.

Lorsqu'il en est ainsi, c'est le moment de procéder à la cuisson, c'est-à-dire de réchauffer lentement les matières à la température de 62°,5-63°,75 convenable pour la saccharification.

La cuisson est effectuée soit par addition d'eau chaude, soit à l'aide de vapeur directe. Dans le premier cas, on se sert d'une sorte d'arrosoir, tandis qu'on fait arriver la vapeur par une buse ou par un serpentin muni d'ouvertures dirigées par en bas. Dans les deux cas, il faut faire en sorte qu'il se produise un mélange intime, afin qu'il n'y ait pas de surchauffages locaux et que le malt ne soit pas partiellement brûlé. Avec un agitateur fonctionnant bien, la cuisson à l'aide de vapeur doit être préférée pour différentes raisons. Pendant que l'on suit l'élévation de la température du moût en général à l'aide du thermomètre fixe, on s'assure toujours de la température de saccharification au moyen d'un thermomètre à main donnant des indications exactes.

Lorsque l'empâtage est terminé, on débarrasse d'abord du moût adhérent les parois, l'agitateur et le couvercle de la cuve-matière, après quoi on abandonne le moût à lui-même à la température de 62°,50, afin que la saccharification se produise. Les moûts de seigle clairs, préparés avec beaucoup de malt, sont déjà saccharifiés au bout d'une heure, tandis que avec des moûts épais, d'une concentration de 22 à 26 p. 100 au saccharomètre, la durée de la saccharification est de une heure et demie à deux heures. Dans tous les cas, on ne doit refroidir que lorsque quelques gouttes du moût filtrées ne donnent plus de coloration bleue ou rouge avec la solution d'iode.

Les appareils à moût ou macérateurs, qui sont en usage dans la fabrication de l'alcool de grains, se distinguent en quelques points de ceux qui seront décrits plus loin. Comme la matière mise en œuvre n'est pas cuite sous haute pression, mais empâtée et

cuite dans la cuve-matière après avoir été finement concassée, un exhausteur est superflu. Que le macérateur soit centrifuge ou en forme de cuve rectangulaire, il doit être pourvu d'un agitateur énergique, d'une conduite de vapeur directe et aussi, si c'est possible, de vapeur indirecte et d'un appareil de réfrigération, qui soit facilement accessible et ne consomme pas en moyenne plus de 2 litres et demi d'eau par litre de moût.

Parmi les *macérateurs en forme de cuve rectangulaire*, on emploie fréquemment dans les distilleries de grains les dispositifs de Hentschel, de Grimma, et de Camin et Neumann, de Francfort-sur-l'Oder.

Parmi les nombreuses *cuves-matières* ou *macérateurs centrifuges*, nous devons surtout mentionner celle des frères Becker, de Beckum (Westphalie). Elle consiste en une cuve circulaire en fer avec fond excavé en forme de coupe. L'appareil agitateur qui se trouve sur ce fond est actionné par sa partie supérieure. Le réfrigérant se compose de tubes en cuivre aplatis, qui sont établis en huit plans superposés. Les tubes ne sont pas courbés circulairement suivant les parois de la cuve, mais ils forment des carrés dont les angles sont tournés vers la périphérie du vase. L'eau de réfrigération pénètre froide par en bas et s'écoule chaude par en haut. Indépendamment d'un conduit de vapeur indirecte, il y a aussi dans la cuve-matière de Becker une buse à vapeur. Celle-ci doit être maniée avec précaution, afin d'éviter les surchauffages locaux.

b. Traitement du maïs, du riz, du dari et des céréales d'après le nouveau procédé sous haute pression.

TRAITEMENT DU MAÏS

Le traitement du maïs *concassé* ou *moulu* n'a pas jusqu'à présent été adopté dans les grandes distilleries agricoles de l'Allemagne ; le maïs est exclusivement cuit en *grains entiers* sous haute pression dans un appareil du système Henze. Mais cela ne veut pas dire que la méthode dont nous nous servons est la meilleure à tous les points de vue. Bien mieux, une comparaison de ce mode de travail avec la désagrégation du maïs *concassé* ou *moulu*, effectuée

dans des circonstances convenables, montrera que la méthode allemande présente sous plus d'un rapport de très grandes défectuosités.

Il faut, pour le *traitement du maïs en grains entiers*, disposer d'une chaudière pouvant supporter une pression de 5 atmosphères au moins; autrement, il vaut mieux s'abstenir du traitement du maïs en cet état et avoir recours à celui du maïs concassé.

Les conditions fondamentales, desquelles dépend la désagrégation complète du grain de maïs, sont les suivantes :

1. *Le maïs doit, lors de la cuisson, trouver dans l'appareil Henze la quantité d'eau nécessaire pour le gonflement de son amidon.* — C'est une des conditions les plus importantes, car tous les autres soins, que l'on peut prendre pour obtenir une bonne désagrégation, sont perdus, si l'amidon du maïs ne trouve pas la quantité d'eau nécessaire pour s'y gonfler. Les conditions de la cuisson du maïs sont essentiellement différentes de celles de la cuisson des pommes de terre. Un coup d'œil jeté sur la composition de ces matières nous montre qu'il doit en être ainsi :

Maïs : environ	14 p. 100 d'eau	et	60 p. 100	d'amidon
Pommes de terre : environ	75 —	—	20 —	—

Lors de la cuisson des pommes de terre, l'eau en excès (eau de végétation et eau de condensation) est éliminée d'autant plus complètement que le moût doit être plus concentré. Lors de la cuisson du maïs, il faut au contraire ajouter de l'eau dans l'appareil de Henze, et au moins 110 litres d'eau par 100 kg. de maïs. Lorsque la construction du cuiseur de Henze est défavorable et la distribution de la vapeur défectueuse, et qu'on ne tient pas à ce que le moût de maïs sucré ait une concentration aussi élevée que possible, on ajoute dans le cuiseur jusqu'à 160 litres et plus d'eau. La capacité de cuiseur nécessaire pour 100 kg. de maïs s'élève à 360-400 litres tout au plus, en tenant compte du gonflement du grain, de la dilatation de l'eau pendant le chauffage et de l'espace nécessaire pour que l'ébullition puisse avoir lieu librement.

2. *Pour que la désagrégation de l'amidon du maïs soit complète, il est nécessaire que la vapeur soit convenablement distribuée dans le*

cuiseur. — Avec les cuiseurs de HENZE de forme entièrement ou à peu près conique construits dans ces derniers temps, il n'est pas besoin d'une distribution de vapeur particulière, même, pour la cuisson du maïs et des céréales en grains entiers. Une ou plusieurs entrées de vapeur avec un grand diamètre, mais ne débouchant pas dans le point le plus bas de l'appareil et dans le voisinage immédiat du tuyau de vidange, sont tout à fait suffisantes pour assurer le mouvement des grains et une constante agitation, et empêcher le pelotonnement et l'adhérence du maïs au fond du cuiseur.

Mais avec les cuiseurs de construction ancienne, un dispositif particulier pour la distribution de la vapeur, comme celui de DELBRÜCK, dont il a été question précédemment (p. 119), est tout à fait convenable.

Afin d'achever la désagrégation imparfaite des grains de maïs et de permettre, lors de la cuisson, de ne pas élever la pression au-dessus de 3 atmosphères et demie, on se servait beaucoup autrefois de certains dispositifs, à l'aide desquels la masse était soumise à un broyage subséquent. Mais, depuis quelque temps, ces appareils sont de plus en plus abondonnés, ce dont le traitement du maïs n'a retiré aucun avantage.

L'auteur a constaté que depuis plusieurs années les appareils broyeurs de BOHM, décrits précédemment, ne fonctionnent plus dans un grand nombre de distilleries. Cela est très fâcheux, car ces appareils remplissent de la manière la plus parfaite le but du broyage subséquent, ils rendent inutiles l'emploi, lors de la cuisson, d'une haute pression nuisible, ils permettent d'obtenir une vinasse plus riche en matière grasse et un alcool brut d'une pureté plus grande.

3. *Depuis le commencement jusqu'à la fin de la cuisson, le maïs doit être maintenu en mouvement continu.* — Si l'on charge le cuiseur HENZE avec du maïs et la quantité d'eau nécessaire, et si l'on ferme ensuite toutes les soupapes et ouvertures de l'appareil, à l'exception du tuyau de vapeur, le contenu du cuiseur ne pourra plus recevoir qu'un très faible mouvement. Si, au contraire, on ménage un petit orifice pour l'échappement de la vapeur, on obtiendra un mouvement ininterrompu du maïs pendant la cuisson et avec cela

une désagrégation uniforme de chacun des grains. Nous faisons tout à fait abstraction de la cuisson du maïs pendant une heure dans l'appareil de Henze, le couvercle du trou d'homme étant ouvert. On peut empêcher les pertes en vapeur, en maïs et en eau qui se produisent alors et cependant obtenir le même résultat final, c'est-à-dire

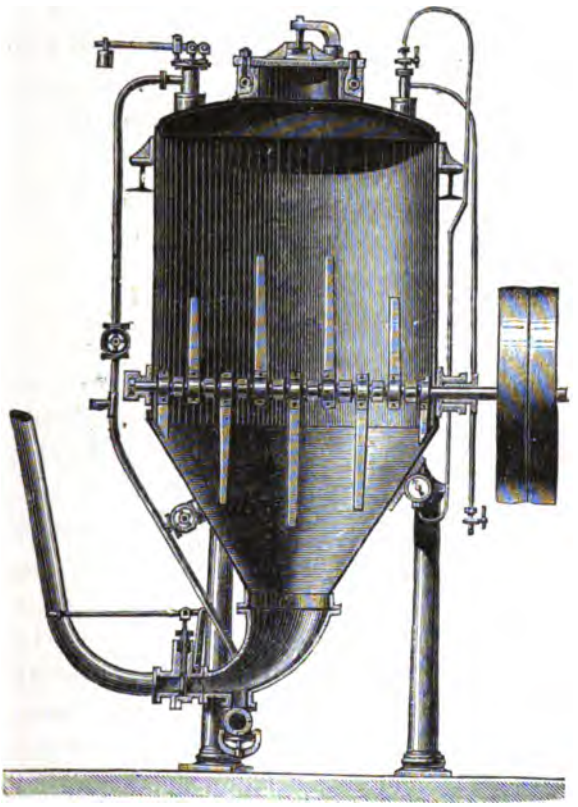


Fig. 39. — Cuiseur Henze avec agitateur, système Ellenberger.

une désagrégation parfaitement uniforme, si l'on adapte au cuiseur un robinet d'air, si on le fait communiquer avec la cheminée de l'exhausteur et si on laisse dégager la vapeur par ce robinet, qu'au commencement de la cuisson on ouvre tout à fait et à la fin au tiers seulement. Mais si sur le robinet d'air il n'y a qu'un court ajutage tubulaire, par conséquent pas de communication avec la cheminée de l'exhausteur, ce robinet s'obstrue trop facilement, et alors il ne fonctionne plus.

Un autre moyen pour maintenir en mouvement le contenu du cuiseur consiste à adapter dans ce dernier un appareil agitateur. La figure 39 représente un cuiseur avec agitateur, construit par Ellenberger, de Darmstadt. Un pareil agitateur est certainement avantageux et presque indispensable pour le traitement du maïs ou des céréales, mais on peut s'en passer lorsqu'il s'agit de traiter du maïs en grains entiers. Une bonne distribution de la vapeur dans le cuiseur et l'ouverture d'un robinet d'air pendant la cuisson conduisent, en effet, mieux et plus économiquement à un bon résultat que l'agitateur absorbant beaucoup de force. Pour cette raison, les dispositifs destinés à mettre la matière en mouvement ont été aussi presque généralement supprimés des cuiseurs ou mis hors d'usage.

4. *L'évacuation du maïs cuit de l'appareil doit avoir lieu sous la plus haute pression et avec l'aide d'une soupape de vidange, d'un tube de vidange, etc., à arêtes vives.* — Si déjà certains dispositifs de broyage sont indispensables lors de la vidange des pommes de terre faciles à cuire, on comprend aisément que leur emploi soit nécessaire pour le maïs dur et plus difficile à cuire. Nous devons mentionner ici également le broyeur de Bohm.

5. *Pratique de la cuisson du maïs.* — Comme on l'a déjà dit, il est avant tout nécessaire d'avoir à sa disposition, pour désagréger et traiter convenablement le maïs en grains entiers, une chaudière à vapeur et un cuiseur Henze, qui résistent à une pression de 5 atmosphères au moins; sans cela, on n'obtiendra pas une bonne désagrégation du grain. La cuisson du maïs pendant très longtemps à une pression inférieure à 5 atmosphères n'est pas avantageuse; il se condense trop de vapeur et on s'expose au désagrément d'obtenir une trop grande quantité de moût, ce qui, dans certaines circonstances, peut conduire à des discussions très désagréables. Celui qui veut éviter cet inconvénient en prenant moins d'eau pour la cuisson fera également des expériences très désagréables, qui bientôt le désabuseront. La cuisson du maïs doit être terminée en deux heures au plus.

Le cuiseur de Henze doit être pourvu d'un tuyau de vapeur

adapté tout à fait à la partie inférieure du cône, immédiatement devant la soupape de vidange, afin que le maïs qui, par suite de son poids, descend toujours soit poussé vers le haut de l'appareil par la vapeur s'échappant du tuyau, de façon à empêcher que des grains viennent se fixer devant la soupape de vidange. Un deuxième tube à vapeur peut déboucher latéralement, à environ 65 cm. au-dessus du premier tube inférieur, dans le cône du cuiseur, ce tube se terminant par un bec dirigé latéralement, courbé comme le cône et s'y appliquant intérieurement. Un troisième tube de vapeur pénètre dans le cuiseur en traversant son fond supérieur ou sa paroi latérale immédiatement au-dessous de ce dernier et son bec, se dirigeant de haut en bas, arrive jusque dans le milieu de l'appareil. Pour ces trois tubes, un diamètre intérieur de 3 cm. environ est suffisant. Sur le fond supérieur du cuiseur est vissé un tube de 4,5 cm. de diamètre, muni d'un robinet, afin que la vapeur qui se dégage pendant la cuisson du maïs puisse s'échapper et qu'il ne se produise pas de tension dans l'appareil. Il n'est pas convenable, pour obtenir le même résultat, de laisser le trou d'homme ouvert, parce que non seulement il serait projeté une grande quantité de grains, mais encore les ouvriers pourraient être blessés.

Tout étant préparé comme il vient d'être dit, la cuisson est conduite de la manière suivante : Lorsque l'eau nécessaire, environ 130 à 160 litres par 100 kg. de maïs, a été introduite dans le cuiseur par un robinet particulier, on la porte à l'ébullition au moyen du tube de vapeur inférieur et, par le trou d'homme, on fait tomber le maïs assez lentement pour que l'eau demeure en ébullition. Cela fait, on ferme le trou d'homme, on ouvre le robinet d'échappement de la vapeur, qui se trouve en haut de l'appareil, et on laisse pénétrer la vapeur dans le cuiseur par tous les tubes, surtout par l'inférieur, de façon que le contenu de l'appareil soit en ébullition continue, mais qu'il ne s'y produise aucune tension.

On peut alors constater à l'intérieur du cuiseur le mouvement suivant : Le maïs est soulevé par la vapeur arrivant par l'entrée inférieure et dans son mouvement ascendant il rencontre le jet de vapeur du tube supérieur, par lequel il est refoulé du centre vers la périphérie. Le jet de vapeur provenant du tube moyen, ayant une direction latérale, communique aux grains un mouvement giratoire

qui empêche l'adhérence de la matière sur les parois du cuiseur et la formation de pelotons. Au bout d'une heure, le robinet d'échappement de la vapeur est fermé de façon que la pression s'élève *tout doucement*, dans l'espace d'une demi-heure, à 2 atmosphères et demie; maintenant, on ferme tout à fait le robinet et on laisse la pression monter jusqu'à 5 atmosphères, pression sous laquelle on maintient le maïs pendant une demi-heure. Maintenant, on ferme les soupapes de toutes les entrées de vapeur, on laisse reposer la masse pâteuse pendant dix minutes, après quoi on peut procéder à la vidange et au démêlage. Il faut faire en sorte que pendant la vidange la pression soit maintenue et ne s'abaisse pas, ce que l'on peut obtenir à l'aide du tube à vapeur supérieur. Sans cette précaution, la masse cuite pourrait facilement s'arrêter dans le tuyau de vidange, qu'il serait alors nécessaire de dévisser, afin de le désobstruer. Dans tous les cas, le mouvement du maïs se ralentit ou cesse tout à fait, lorsque la pression dans l'appareil s'abaisse pendant la cuisson. Alors la désagrégation est toujours incomplète, les grains ne sont pas tous séparés de leur enveloppe cornée et ils ne sont pas complètement ramollis et réduits en empois. Il est donc absolument indispensable, avant de commencer la cuisson, de faire en sorte que la chaudière à vapeur ait la tension nécessaire et de maintenir cette tension pendant l'opération. Sans cela, même avec une cuisson prolongée pendant une heure, on ne peut plus obtenir une bonne désagrégation. Un maïs cuit de cette manière avec précaution sera bien désagrégé et donnera de bons résultats. On obtient des résultats encore meilleurs, si le maïs est préalablement broyé dans un concasseur construit spécialement pour cet usage. Le grain, ainsi divisé et désagrégé mécaniquement, exige pour sa cuisson moins de temps et une pression moins élevée que le maïs cuit en grains entiers; cette manière de procéder doit être vivement recommandée aux distilleries qui sont dépourvues de chaudières et de cuiseurs pouvant supporter de hautes pressions.

On a déjà recommandé à propos du traitement des pommes de terre d'éviter autant que possible une haute pression lors de la cuisson. Cela s'applique aussi au traitement du maïs et des céréales. L'*amidon* peut, il est vrai, supporter une pression de 5 atmosphères et même plus sans éprouver de décomposition; mais les

quantités variables de *sucre* que le maïs renferme ne peuvent pas résister à cette pression : *le sucre est caramélisé*.

On reconnaît qu'il s'est formé du caramel à la coloration foncée du moût, tandis qu'un moût sucré de maïs cuit normalement offre une coloration jaune d'or ; en outre, le maïs cuit suivant les règles a un goût sucré pur, tandis que le maïs caramélisé offre une saveur légèrement amère, empyreumatique. Les substances comprises sous le nom de caramel ne sont pas fermentescibles, et l'on sait généralement que les moûts de maïs de couleur claire fermentent mieux que ceux de couleur brune. Si, malgré cela, de nombreux distillateurs continuent à cuire fortement le maïs, c'est parce que, avec la forme défavorable du cuiseur de Henze et la distribution défectueuse de la vapeur, les moûts de maïs cuits avec une couleur claire ne sont pas tout à fait *limpides*, la désagrégation complète de l'amidon et la division de l'enveloppe cornée à l'état de fines particules leur font défaut. On obtient donc dans ces conditions un moût avec une teneur élevée en sucre, mais aussi sa fermentation se fait plus difficilement.

Il faut également, à cause de la grande teneur du maïs en matières grasses, éviter de faire usage d'une tension de vapeur inutilement haute. Sous l'influence de cette tension, les substances grasses se décomposent, la vinasse perd de sa valeur nutritive, les acides gras libres entravent la fermentation et enfin l'alcool obtenu dans ces conditions offre une saveur extrêmement désagréable.

Le jour qui précède son traitement, le maïs est fréquemment soumis à un mouillage ou même à une cuisson préparatoire. Mais cela ne peut avoir lieu que dans les petites distilleries ; dans les grands établissements, ce procédé n'est pas applicable. Cette préparation préliminaire est avantageuse, parce qu'il est bien évident que la cuisson est ainsi rendue plus rapide. La résistance opiniâtre que le grain de maïs offre à la pénétration de l'eau est surmontée par trois moyens. En premier lieu, on peut, le soir du jour qui précède celui où le grain doit être cuit verser ce dernier dans le cuiseur, que l'on a préalablement chargé de la quantité nécessaire d'eau *froide*. En second lieu, l'eau froide destinée au mouillage préliminaire du maïs est souvent remplacée par de l'eau *bouillante ;* mais alors il faut prendre soin que pendant la nuit la masse cuite ne se

refroidisse pas au-dessous de 50°, parce qu'elle deviendrait acide. Enfin, en troisième lieu, le maïs est soumis la veille à une cuisson préparatoire et ensuite abandonné à lui-même jusqu'au lendemain sous pression. Mais, dans cette opération, il ne faut pas aller au delà d'une pression de 2 atmosphères, parce qu'autrement la masse tout entière s'agglomère trop facilement et, le lendemain, l'introduction de la vapeur, comme la vidange de la masse cuite, sont devenues impossibles et l'on est obligé de vider le cuiseur.

Les différentes sortes de maïs se comportent très différemment lors de l'opération de la cuisson, ce qui doit être attribué en première ligne à la différence de leur teneur en eau. Plus le maïs est humide, plus sont difficiles, lors de la cuisson, l'absorption de l'eau et la transformation en empois; plus il est sec, plus facilement l'eau est absorbée et l'amidon converti en empois. On se plaint beaucoup du maïs de Roumanie. Il cuit en général difficilement et donne un moût visqueux et épais, qui exige un grand espace perdu dans les cuves de fermentation.

TRAITEMENT DU RIZ

[On pourra, en général, se baser, pour le traitement du riz, sur les indications qui viennent d'être données relativement au travail du maïs. La consistance cornée du riz, notamment de certaines espèces, fait qu'il est indispensable de réduire préalablement ce grain en farine. En outre, pour obtenir une transformation de l'amidon en sucre aussi complète que possible, il est nécessaire, avant d'ajouter le malt de saccharification, de soumettre la farine de riz à une macération prolongée en ajoutant de l'eau chaude à la masse ou en introduisant un courant de vapeur.

Duplais, dans son traité de la fabrication des liqueurs, décrit à peu près de la manière suivante le traitement du riz d'après l'ancien procédé : 500 kg. de riz finement moulu sont empâtés avec 5000 litres d'eau bouillante dans une cuve munie d'un double fond perforé, et en agitant sans interruption la température de la masse est portée à 60-65°; on chauffe ensuite à l'aide de vapeur à 70° et on maintient cette température pendant une demi-heure. Après refroidissement à 50°, on ajoute 125 kg. de malt d'orge finement moulu et on laisse

la saccharification s'opérer pendant deux heures. Au bout de ce temps, on refroidit en ajoutant un peu d'eau et on met en levain. Suivant DUPLAIS, ce mode de travail est le plus simple et en même temps celui à l'aide duquel on obtient le plus d'alcool.

En Italie, on traite avec le riz de grandes quantités de *rizina* (*déchets de la décortication et du polissage du riz*, voy. p. 30), par saccharification au moyen de l'acide sulfurique (voy. plus loin, Saccharification par les acides). L'alcool ainsi obtenu a une odeur désagréable, surtout si le riz employé n'était pas décortiqué.

Relativement au traitement du riz sous haute pression, on procédera d'après les indications qui ont été données pour le travail du maïs dans les mêmes conditions.

W. SCHMIDT a traité le riz d'après ce procédé dans l'appareil d'ELLENBERGER, en employant 1 600 litres d'eau par 1 000 kg. de riz et cuisant ensuite comme s'il s'était agi de maïs. La vidange ne marchait pas très bien, le riz transformé en empois se collant sur les parois du cuiseur. La saccharification était effectuée avec 16 kg. de malt vert par 100 kg. de riz ; la fermentation se faisait très bien et le moût fermenté ne marquait que 0 ou 0°,5 au saccharomètre. Avec 100 kg. de riz à 68 p. 100 d'amidon, on obtint 34,7 à 35 litres d'alcool pur, rendement qui ne correspond qu'à 47 à 48 litres d'alcool à 100° par 100 kg. d'amidon, y compris l'amidon du malt. Suivant SCHMIDT, le goût et l'odeur de l'alcool de riz sont plus fins et plus purs que ceux de l'alcool de pommes de terre ou de maïs.

Les drèches résultant de la distillation du riz non décortiqué et surtout des déchets de la décortication du riz (*rizina*) sont très riches en matières grasses (voy. les analyses de rizina données, p. 30) et ont par suite une grande valeur nutritive.

En Chine et à Java, on prépare de l'alcool (*arack*) avec le riz au moyen d'un ferment particulier désigné sous le nom de *levure chinoise ;* ce ferment renferme une mucédinée, l'*Amylomyces Rouxii*, jouissant de la propriété de saccharifier l'amidon et de le transformer ensuite en alcool avec le concours d'autres ferments. Dans le *koji* ou *ferment japonais*, qui est employé au Japon pour fabriquer une boisson alcoolique désignée sous le nom de *saké*, on rencontre aussi une mucédinée, l'*Aspergillus* ou *Eurotium orizæ*, qui jouit, de même que certaines espèces du genre *Mucor*, des mêmes propriétés

saccharifiantes et fermentatives que l'*Amylomyces Rouxii*. Collette et Boidin ont imaginé récemment un procédé d'alcoolisation des matières amylacées (maïs, riz), basé sur l'emploi de ces mucédinées; voy. Chap. VII.]

TRAITEMENT DU DARI

Le *dari*, très estimé depuis longtemps déjà en Belgique et en Angleterre comme matière première de la préparation des moûts, est aussi depuis quelque temps fréquemment traité en Allemagne. Les marchés de ce grain sont à Hambourg et à Mannheim.

Les règles générales qui ont été établies pour le traitement du maïs conviennent aussi pour celui du dari. Seulement, la désagrégation du dari à petits grains est plus facile que celle du maïs. Les moûts de dari offrent la même forme de fermentation tranquille que les moûts de maïs et comme pour ces derniers, on n'a besoin de laisser qu'un petit espace perdu dans les cuves de fermentation. L'alcool de dari se distingue par sa pureté et une saveur agréable particulière, ce qui est important pour les distilleries qui produisent de l'eau-de-vie qui doit être bue.

TRAITEMENT DU SEIGLE, DU FROMENT ET DE L'ORGE

Le *seigle*, le *froment* et *l'orge* sont en général traités en grains entiers dans le cuiseur à haute pression d'après les mêmes règles que le maïs. Mais nous devons faire également remarquer que les céréales à l'état *concassé* et dans certaines conditions (cuiseurs horizontaux, cuiseur Henze avec agitateur, introduction lente du grain concassé dans l'eau en ébullition) se laissent désagréger plus facilement qu'en grains entiers.

Si le traitement de céréales en grains entiers dans le cuiseur à haute pression est déjà par lui-même un peu difficile, il y a encore cet inconvénient que dans les distilleries agricoles on alcoolise généralement des grains de qualité inférieure et fréquemment ces derniers se désagrègent encore plus mal que des grains sains.

Lors du traitement de céréales, il faut en première ligne avoir soin de bien cuire d'abord la matière dans l'appareil et de n'opérer

qu'après cela la désagrégation en élevant la pression, puis finalement d'effectuer la vidange sous la plus haute pression de 4 ou un peu plus de 4 atmosphères. Si on élève rapidement la pression dans le cuiseur, après y avoir versé les grains, ceux-ci s'agglomèrent en pelotons, et il est impossible d'obtenir une désagrégation convenable. En effet, comme on l'a déjà dit précédemment, on ne parvient à une désagrégation complète que lorsque chaque particule du grain peut se mettre en contact intime avec l'eau.

Pour maintenir en un mouvement continu le contenu du cuiseur, il faut, après la fermeture du trou d'homme, cuire également avec soupape soufflante ou mieux encore avec robinet d'air soufflant.

La quantité d'eau nécessaire pour la trempe des céréales est plus grande que pour le maïs ; on prend, par exemple, pour 100 kg. de seigle, 160 à 180 litres d'eau. Si avec les seigles, qui ont un grain petit et léger, et une teneur élevée en matières albumineuses avec peu d'amidon, on emploie moins d'eau pour la trempe, on obtient généralement des moûts épais et visqueux, dans lesquels l'amidon est mal désagrégé et qui occasionneront, lors de la fermentation, de grandes difficultés.

La cuisson des céréales doit en général être conduite de la manière suivante : L'eau nécessaire, mesurée largement, est versée dans le cuiseur, puis portée à l'ébullition, après quoi le grain est ajouté assez lentement pour que l'eau ne cesse pas de bouillir. On cuit d'abord pendant une heure et demie tout à fait sans pression avec soupape soufflante et le trou d'homme étant fermé; on ferme ensuite aux trois quarts le robinet d'air et on abandonne le cuiseur pendant une demi-heure à la pression de quatre atmosphères. La vidange est faite à 4,25-4,50 atmosphères.

Une bonne distribution de la vapeur et l'emploi de dispositifs de broyage, comme les grilles, les tuyaux, le broyeur de Bohm, dont il a été question précédemment, rendent ici de très grands services. En effet, l'action du broyeur de Bohm, par exemple, combiné avec la cuve-matière ne rend pas seulement possible une désagrégation complémentaire de l'amidon dans la cuve de fermentation, mais rend ainsi toute la masse du moût plus fine et plus claire. Les enveloppes des céréales (avoine et orge) sont broyées

de telle sorte que la formation d'une épaisse couche de drèche à la surface du moût, qui empêche la fermentation d'avoir lieu dans de bonnes conditions, est tout à fait impossible.

On ne doit pas s'attendre à obtenir des rendements élevés en alcool par rapport au volume du moût, en traitant les céréales comme il a été dit jusqu'à présent. En effet, on ne peut pas travailler plus de 22,5, tout au plus 23,5 kg. de grains par 100 litres de capacité de cuve, tandis qu'avec le maïs, on peut aller jusqu'à 30 kg. pour la même capacité de cuve. La plupart des moûts de seigle de fabriques d'alcool brut que j'ai examinés marquaient entre 18 et 20 p. 100 au saccharomètre ; mais il faut retrancher, pour les substances non fermentescibles, 2,5 p. 100 en moyenne. Un rendement de 8 à 8,5 p. 100 du volume du moût devrait, par conséquent, être le rendement moyen.

Mais dans les distilleries, on travaille souvent des céréales impossibles à utiliser et invendables, qui sont humides, germées et mal venues. Le traitement de ces grains anormaux doit être fait avec un soin particulier pour qu'ils puissent, pendant la cuisson, absorber de l'eau en toutes circonstances et se désagréger.

On cherche à obtenir cette absorption d'eau, qui est absolument indispensable pour une désagrégation complète, en soumettant les grains en question à une *trempe préliminaire*. Dans un vase en bois, on verse, par exemple, sur 50 kg. de grains, environ 80 litres d'eau à 50°, et on laisse macérer pendant douze heures. On s'oppose à la formation d'acides en ajoutant, par 50 kg. de grains, 1/6e de litre d'acide sulfurique. Le gonflement paraît se faire de la manière la plus convenable dans de l'eau à 50°. Il est vrai qu'en employant de l'eau froide une addition d'acide n'est pas nécessaire, mais elle peut toujours être recommandée. Dès que le grain tout entier a été pénétré par l'eau, la trempe a atteint son but. Si l'on veut prolonger la durée de la trempe au delà de douze heures, il faut avoir soin de changer l'eau.

Il n'est pas convenable d'effectuer la trempe préliminaire dans le cuiseur même, parce que l'acide sulfurique ajouté attaque le fer. Mais, d'un autre côté la formation d'*acide butyrique*, très nuisible à la fermentation, est inévitable, dès que la température de

l'eau non acidifiée descend au-dessous de 50°. Le dégagement d'hydrogène qui accompagne la formation de l'acide butyrique, donne avec l'air qui se trouve dans le cuiseur un mélange gazeux analogue au gaz détonant et peut finalement produire des explosions. On trempe donc le grain soit dans la cuve-mouilloire ordinaire, soit, comme on l'a déjà dit, dans des vases en bois.

Certaines sortes de seigles, principalement le seigle humide, opposent à l'absorption de l'eau une résistance opiniâtre et d'autant plus que le grain est plus humide. Dans ce cas, il faut faire subir au seigle une dessiccation préalable soit dans une touraille, soit dans un autre local convenable. Le seigle, même le plus mauvais, se désagrège ensuite d'une manière satisfaisante.

Qu'il s'agisse de traiter des seigles normaux ou anormaux, il convient dans tous les cas de mettre d'abord, dans le cône du cuiseur Henze, quelques paniers de pommes de terre et ensuite de verser le seigle par-dessus. De cette façon, on évite la désagrégation défectueuse que présentent toujours, sans cela, les grains qui se trouvent dans la partie la plus basse du cuiseur.

On procède d'une manière analogue, si du seigle et des pommes de terre, et en général une céréale et des pommes de terre, doivent être cuits ensemble. Dans le cône du cuiseur, on met 100 à 150 kg. de pommes de terre, puis le seigle, et par-dessus ce dernier de nouvelles pommes de terre. Cette disposition des matières permet d'évacuer l'eau de condensation sans perdre de seigle. Il est cependant plus convenable d'éviter, si on le peut, la cuisson en commun, car les pommes de terre sont déjà suffisamment cuites à 3 atmosphères ; les céréales en grains entiers ont toujours besoin de 4 atmosphères de pression pendant une heure. Si maintenant on veut donner et maintenir la pression nécessaire pour le seigle, on arrive à brunir fortement les pommes de terre, et tandis que ces dernières, si on n'emploie que la pression qui leur convient, sont cuites à point, la désagrégation du seigle reste insuffisante. C'est déjà un progrès d'écraser les céréales avant de les cuire.

Lorsqu'en distillerie il s'agit de ne traiter que de petites quantités de céréales, il vaut mieux les employer sans mélange pour la préparation du moût et en procédant d'après la méthode suivante : Le grain concassé est empâté dans la cuve-matière avec de

l'eau et du malt (environ 3 p. 100 de malt concassé), l'agitateur étant animé d'un mouvement énergique. On vide par-dessus de l'empois de pommes de terre jusqu'à ce qu'on ait atteint une température de 81°. On maintient cette température pendant vingt minutes environ ; on parvient ainsi à liquéfier l'amidon, on refroidit alors à la température de saccharification et l'on continue le travail comme à l'ordinaire.

Lorsque la cuve-matière est pourvue d'une conduite de vapeur, il est préférable d'empâter dans de l'eau le grain concassé mélangé avec du malt et de chauffer à l'aide de la vapeur à la température de 81°.

Comme on le voit, dans ces modes de traitement des céréales, le grain n'est pas employé entier, mais concassé. Il est évident que de cette façon la désagrégation, qui autrement est très difficile à atteindre, se trouve très favorablement préparée.

Le mouillage des grains et leur maltage jusqu'à ce qu'ils commencent à piquer procurent une meilleure fluidification de l'amidon.

Mais on obtient les plus mauvais résultats lorsque pendant l'opération de l'empâtage, on charge *sec* le grain concassé dans la cuve-matière. La désagrégation de l'amidon est alors si mauvaise, qu'on devrait en toutes circonstances s'abstenir de cette méthode encore très employée.

Comme on l'a déjà dit plusieurs fois, le traitement du *maïs* et des *céréales concassés* ou *moulus* ne s'est jusqu'à présent que très peu répandu en Allemagne, ces matières étant cuites presque exclusivement en grains entiers dans les appareils à haute pression du système Henze. Suivant mon opinion, basée sur la pratique, le mode de travail allemand n'est pas précisément le meilleur et le plus rationnel, et les indications que je vais donner détermineront, je l'espère, les distillateurs à suivre d'autres méthodes meilleures.

Mentionnons d'abord le procédé de Riebe, qui consiste à désagréger sous haute pression le maïs et les céréales à l'*état concassé*. D'après ce procédé, le grain concassé serait chauffé dans le cuiseur Henze avec 1,5 p. 100 de son poids de malt et deux fois son poids d'eau, et il serait maintenu pendant dix minutes environ à la température de 65°, après quoi il serait abandonné *pendant une*

heure sous une pression de 3 *atmosphères seulement* et la vidange serait ensuite effectuée.

Si, avant de faire agir la haute pression, on chauffe à 80°, au lieu de 65°, le grain concassé et le malt avec de l'eau, et si l'on maintient la masse à cette température pendant un quart d'heure, l'agitateur étant en mouvement, on obtient à l'aide du procédé de Riebe, ainsi modifié, une excellente fluidification de l'amidon et on évite la formation de sucre, qui pendant le travail est, d'après Riebe, plus ou moins exposé à se décomposer sous l'action d'une pression de 3 atmosphères.

Les avantages de ce mode de travail consistent en un rendement plus élevé par rapport au volume du moût et à la matière première, par suite de la désagrégation plus facile et plus complète de l'amidon, et dans l'obtention d'un alcool et d'une vinasse de meilleure qualité.

Il faut pour le traitement de céréales concassées ou moulues un cuiseur Henze muni d'un agitateur. Si l'on n'a pas un semblable appareil, on doit pendant que l'on verse la farine dans l'eau agiter avec beaucoup de soin, ce qui est souvent un travail très fatigant. Mais, malgré cela, le traitement d'un grain concassé n'est pas impossible; on pourrait citer toute une série de preuves à l'appui. On peut, par exemple, procéder de la manière suivante :

On chauffe l'eau dans le cuiseur jusqu'à ce qu'elle commence à bouillir et alors on y laisse tomber sous forme d'un mince filet le maïs concassé, pendant qu'un homme brasse continuellement la masse à l'aide d'un fourquet ordinaire, jusqu'à ce que toute la quantité du grain à traiter ait été chargée dans le cuiseur. En outre, il ne faut pas manquer d'ajouter dans ce dernier 8 à 10 kg. de malt. On évite ainsi la formation de pelotons, on obtient rapidement la fluidification de l'amidon et l'on réalise en même temps la condition la plus favorable pour une désagrégation complète. Avec une cuisson d'une heure sous une pression de 2 1/2 à 3 atmosphères on arrive sûrement au but.

Le manque de concasseurs convenables semble être l'obstacle qui a empêché le traitement des céréales concassées dans le cuiseur Henze d'être adopté en Allemagne, comme l'a été depuis des années le traitement en grains entiers. Cependant, les avantages

d'un rendement plus grand en alcool que procure le grain concassé sont déjà suffisamment grands pour qu'on tende de plus en plus à adopter ce mode de travail. En outre, la meilleure qualité de l'alcool brut, qui a pour le raffineur une valeur incomparablement plus grande, et la vinasse plus riche en matière grasse ont pour les grandes usines une importance particulière. Enfin, on peut obtenir des moûts épais plus facilement avec des grains concassés qu'avec des grains entiers.

La pression étant plus basse et la durée de la cuisson moins

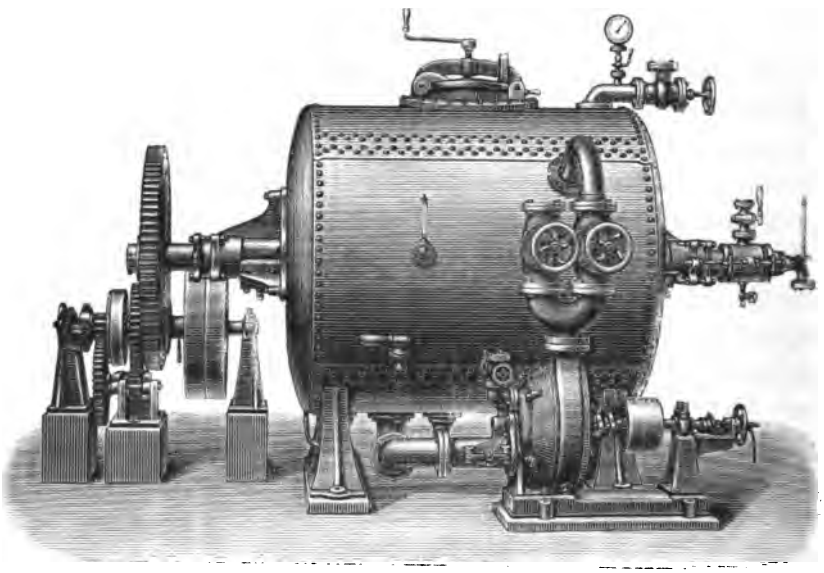


Fig. 40. — Appareil de Bohm.

longue lors du traitement de grains concassés, les moûts obtenus ne présentent pas une couleur jaune d'or ou jaune foncé, mais sont tout à fait jaune pâle, et filtrés ils sont presque blanchâtres.

L'appareil le plus commode et le plus convenable pour traiter sous haute pression le maïs ou les céréales à l'état moulu ou concassé est sans contredit, pour les conditions existant en Allemagne, non pas le cuiseur Henze vertical, mais l'*appareil horizontal mixte* de C. G. Bohm, de Fredersdorf, près Berlin (appareil à cuire, à empâter et à refroidir). La figure 40 le représente combiné avec le broyeur à pompe centrifuge mentionné précédemment.

Il consiste essentiellement en un cylindre en fer horizontal, très résistant et fortement renforcé dans sa partie inférieure. Il repose sur deux pieds en fonte et sert pour recevoir les matières à empâter, qui y sont introduites par un trou d'homme, ménagé à la partie supérieure du cylindre. Dans l'axe longitudinal du vase se trouve un arbre creux en fonte offrant une canalisation particulière et dont les tourillons traversent les fonds du cylindre dans des boîtes à étoupes, de façon à former fermeture hermétique. A une de ses extrémités l'arbre porte une roue dentée, par l'intermédiaire de laquelle il est mis en mouvement ; il est en outre muni, à l'intérieur du cylindre, d'aubes creuses analogues à des boîtes, dont l'intérieur communique avec les canaux de l'arbre. L'origine de ces canaux se trouve dans l'autre extrémité de l'arbre et elle communique avec une conduite d'eau que l'on peut fermer à l'aide d'un robinet. Si l'on ouvre ce dernier, l'eau traverse toutes les aubes et s'écoule à la même extrémité de l'arbre par un ajutage muni d'un thermomètre et un tube vissé sur celui-là. L'appareil est en outre pourvu d'un robinet destiné à prélever des échantillons du moût, d'une soupape de vapeur pour le système des aubes et de deux thermomètres, dont l'un est suspendu dans le moût et l'autre dans l'eau qui s'écoule.

Fig. 41. — Agitateur et réfrigérant combinés de l'appareil de Bohm.

L'appareil de Bohm est, comme on le voit, d'une grande simplicité, et cependant toutes les opérations de la préparation du moût peuvent y être effectuées, ce qui permet d'avoir des fermentations d'une pureté remarquable. En le combinant avec le broyeur, on obtient, même avec de mauvaises matières premières, une trempe parfaitement désagrégée et par la suite un moût facilement et complètement fermentescible.

Mais l'appareil de Bohm ne permet pas seulement le traitement sous une faible pression du maïs ou des céréales concassés ou moulus, mode de travail qui incontestablement mérite le plus

d'être recommandé, on peut aussi y cuire le maïs en grains entiers et sous une haute pression.

III. — Saccharification ou préparation du moût sucré.

L'amidon, comme on l'a déjà dit plusieurs fois, n'est pas directement fermentescible; pour fermenter, c'est-à-dire pour qu'il puisse donner de l'alcool, il doit d'abord être transformé par la diastase du malt en un sucre fermentescible, en un mot être saccharifié. La cuisson sert pour cette transformation de travail préparatoire. A la cuisson se rattache donc immédiatement dans la pratique la *saccharification* ou *préparation du moût sucré*.

Dans cette opération, la masse extraite du cuiseur avec ou sans pression, et qui renferme l'amidon partie à l'état d'empois, partie en dissolution dans l'eau, est *saccharifiée par la diastase du malt*. Mais il faut pour cela se placer dans des conditions telles que l'amidon contenu dans le malt, qui, contrairement à la fécule renfermée dans les pommes de terre n'a été ni transformé en empois, ni dissous par l'action de la haute pression, puisse également être désagrégé aussi complètement que possible. On admet que le malt vert préparé avec de l'orge lourde renferme en moyenne 40 p. 100 d'amidon et que celui qui a été obtenu avec un grain léger n'en contient que 35 p. 100, tandis que la teneur en amidon du malt touraillé est de 68 ou de 63 p. 100, suivant que le grain employé est lourd ou léger. Comme on le voit, la quantité d'amidon provenant du malt est en réalité suffisamment grande pour qu'il en soit tenu compte.

La saccharification terminée, le *moût sucré*, qui possède encore une température de 60° à 62°,5, est refroidi à la température de fermentation et celle-ci est provoquée par une addition de levure artificielle (ou de levure de bière).

L'opération de la préparation du moût est extrêmement importante; elle devrait toujours être effectuée par le directeur de la distillerie lui-même ou au moins être exactement surveillée par lui. La concentration du moût et sa teneur en maltose directement fermentescible et en dextrines peuvent varier avec la tempé-

rature à laquelle on opère, et de l'observation exacte de la température qui convient pour la préparation du moût dépend la facilité plus ou moins grande avec laquelle ce dernier fermente. Lorsqu'on opère à une trop haute température, le pouvoir saccharifiant de la diastase du malt éprouve une altération sensible, de sorte que pendant le cours de la fermentation les dextrines ne sont plus transformées en maltose et par conséquent ne subissent pas la fermentation.

Pour pouvoir conduire sûrement l'opération de la préparation du moût, le directeur de la distillerie a besoin de posséder une connaissance exacte des conditions dans lesquelles la diastase agit le mieux. En d'autres termes, il faut qu'il sache comment il se forme le plus de maltose, avec aussi peu de dextrines que possible, comment l'amidon du malt est le plus complètement désagrégé et comment on favorise le mieux l'*action secondaire du malt*, sans que la pureté de la fermentation en soit influencée.

Cependant, le directeur le plus habile ne peut pas arriver à produire un moût uniformément bon, s'il n'a pas à sa disposition une cuve-matière convenablement disposée avec un bon thermomètre, c'est-à-dire un appareil qui, avec une faible dépense de force, mélange intimement et refroidisse rapidement, de façon à éviter des inégalités de température dans le moût.

Dans les pages suivantes nous exposerons d'abord les règles à suivre pour la préparation du moût et ensuite nous décrirons les différents systèmes et constructions d'appareils à moût (cuves-matières, macérateurs, saccharificateurs), en en représentant quelques-uns par des figures.

a. Formation du sucre.

Dans l'action de la diastase du malt sur l'amidon, action qui est toujours accompagnée d'une absorption d'eau, il se forme aussi constamment, indépendamment de la maltose ou sucre de malt directement fermentescible, différentes dextrines non directement fermentescibles. La température, c'est-à-dire le degré de chaleur auquel on fait agir la diastase du malt, dissoute dans l'eau, sur l'amidon favorablement préparé par la cuisson offre une grande

importance sur le résultat de la saccharification, car à des températures différentes il se produit aussi des quantités très différentes de maltose et de dextrines. Mais il est évident que la fermentation des moûts marche d'autant plus sûrement et régulièrement que ceux-ci renferment une plus grande quantité de sucre de malt directement fermentescible et que leur teneur en dextrines est plus réduite.

A des températures tout à fait basses, à quelques degrés au-dessus de zéro, le pouvoir saccharifiant de la diastase est excessivement faible. Il croît à mesure que la température s'élève et lorsqu'elle a atteint 52°,5, nous arrivons au degré de chaleur le plus favorable pour la saccharification. Ce degré est favorable en ce sens que dans le temps le plus court on arrive à produire la quantité maxima de maltose et la quantité minima de dextrines. La température de saccharification la plus favorable commence, comme on vient de le dire, à 52°,5 et s'arrête à 57°,5. Il est vrai qu'au-dessus de 57°,5 la diastase ne perd pas encore son pouvoir saccharifiant, mais celui-ci est déjà affaibli et le produit de la saccharification n'est pas aussi favorable, parce qu'alors la formation de la maltose rétrograde et celle des dextrines devient de plus en plus grande. En d'autres termes, si on laisse le processus de la saccharification se passer entre 52°,5 et 57°,5, on obtient aux dépens de l'amidon le maximum de maltose et le minimum de dextrines. Au-dessus de 57°,5 et au-dessous de 52°,5, l'amidon donne au contraire proportionnellement plus de dextrines et moins de maltose.

A 75°, le pouvoir saccharifiant de la diastase du malt devient complètement nul, tandis que son pouvoir fluidifiant pour l'amidon offre sa plus grande intensité à 80°. Pour le traitement du maïs et des céréales à l'état concassé ou moulu, on a souvent recommandé, afin de produire la fluidification de l'amidon et de faciliter ainsi la désagrégation, de maintenir la farine à 80° pendant à peu près un quart d'heure avec un peu de malt. Naturellement, tout le malt destiné à produire la saccharification ne doit pas être exposé à cette température, si l'on ne veut pas anéantir presque complètement le pouvoir saccharigène de la diastase. Même dans du moût épais, très concentré, par conséquent aussi en présence de beau-

coup de sucre, le malt, d'après mes expériences, perd de sa force saccharifiante, d'autant plus que, lors de l'empâtage, on s'élève plus au-dessus de la température de 62°,50 à 63°,75.

Lorsque les pommes de terre traitées ne sont pas mûres ou qu'elles sont malades, le moût sucré présente fréquemment une forte réaction de la dextrine, c'est-à-dire qu'il donne avec la solution d'iode une coloration rouge, ce qui n'a pas lieu avec des tubercules normaux, sains (et un mode de travail normal). On doit en cela voir la preuve que l'amidon contenu dans les pommes de terre malades ou non mûres est extrêmement difficile à dissoudre et à saccharifier. En pareils cas, on met avantageusement à profit le pouvoir fluidifiant du malt ; à cet effet, on verse le moût avec la température de 83°,75 dans la cuve-matière, puis on ajoute 1 kg. de malt vert et l'on maintient pendant vingt-cinq à trente minutes à la température de fluidification. Les nombreuses observations que j'ai faites dans la pratique semblent indiquer qu'en général une pareille division de l'opération de la préparation du moût, en une fluidification préalable et complète de l'amidon à 75-80° et une saccharification subséquente à 56°,25-58°,75, mérite d'être conseillée et qu'elle peut donner de bons résultats.

La maltose et les dextrines résultant de la saccharification sont fréquemment, pour les moûts de pommes de terre, dans la proportion de 4 : 1, c'est-à-dire que pour chaque quantité de quatre parties en poids de maltose on trouve une partie en poids de dextrines. Mais ce serait une erreur de vouloir se régler dans tous les cas sur cette proportion pour conduire exactement les opérations de la cuisson et de la saccharification. J'ai, en effet, assez souvent observé, surtout avec des *variétés nouvelles de pommes de terre*, que cette proportion peut encore être beaucoup plus favorable, qu'elle peut être de 8 : 1, même de 12 : 1 et mieux encore. Comme on le voit, il faut donc, dans le cas qui nous occupe, attribuer un rôle important non seulement au mode de travail, mais encore à la matière première qui doit être mise en œuvre. C'est ce que m'ont aussi suffisamment démontré mes recherches sur les moûts de maïs. Lorsqu'on cuit du maïs *en grains entiers*, la proportion entre la maltose et les dextrines dans les moûts, le travail ayant été bien conduit, est celle de 4 : 1 ; si la préparation du moût a été mal dirigée, cette

proportion devient mauvaise et est parfois 3,5 : 1 ou 3 : 1. Au contraire, dans les moûts de maïs qui sont préparés par cuisson du grain *concassé* ou même *moulu*, on rencontre souvent pour une partie de dextrine 12 à 14 parties de maltose. La division préalable de la matière première poussée plus ou moins loin joue donc ici un rôle très important, elle favorise la formation du sucre à un très haut degré et elle démontre de la manière la plus évidente l'avantage résultant de la cuisson du grain concassé, ou mieux encore réduit en farine.

b. Pratique de la préparation du moût.

En se basant sur les indications qui précèdent, ce n'est plus maintenant pour le praticien un problème difficile de transformer, à l'aide d'un appareil à moût, la masse préalablement cuite et déversée dans l'appareil en un moût sucré aussi parfait que possible et offrant une composition favorable relativement à la proportion entre la maltose et les dextrines. Il faudra s'efforcer, si l'on veut obtenir un résultat aussi prompt que possible, de réaliser les trois conditions suivantes : 1° *La masse cuite devra être divisée aussi finement que possible ;* 2° *La masse cuite et le malt devront être mélangés aussi intimement que possible pendant l'opération ;* 3° *Le degré de chaleur convenable devra être observé avec le plus grand soin.*

1. *La division aussi fine que possible de la masse cuite* (qu'il s'agisse de pommes de terre ou de grains) est préparée par l'action de la haute pression et achevée lors de la vidange à l'aide de soupapes à arêtes vives, de grilles, de tuyaux de vidange, etc.

2. *Le mélange intime de la masse cuite avec le malt* est assuré par les appareils d'agitation dont la disposition varie avec les différentes cuves à moût ; parmi ces appareils, nous parlerons ultérieurement d'ailettes et de baguettes agitatrices, de tambours, de spirales tubulaires, etc.

La grande division de la masse cuite, pour laquelle servent aussi différents dispositifs de broyage complémentaire, et son mélange intime avec le malt destiné à produire la saccharification ont tous les deux pour but de bien préparer la matière amylacée à une saccharification complète et uniforme.

3. *L'observation du degré de chaleur le plus convenable* est rendue possible par la rapidité plus ou moins grande avec laquelle la vidange du cuiseur est effectuée, ainsi que par le refroidissement à l'aide d'air ou d'eau, ou à l'aide des deux.

Si nous nous contentons dans l'opération du démêlage et de la saccharification d'une température de 56°,25 à 57°,50, nous nous assurons une saccharification rapide, avec production de maltose aussi grande que possible, et nous évitons une altération de la diastase, dont nous devons, dans l'intérêt d'une bonne fermentation complémentaire, maintenir l'activité dans toute son intégrité. Mais, malheureusement, la pratique ne peut pas s'accommoder de cette température, et cela pour deux raisons. Une température de saccharification de 56°,25 environ est bien la plus favorable pour l'amidon complètement réduit en empois ; mais l'amidon contenu dans le malt ajouté dans le macérateur pendant l'opération de la préparation du moût n'est pas du tout converti en empois et, en observant la température la plus favorable de 56°,75 environ, il n'est que très incomplètement désagrégé. Au contraire, avec l'élévation de la température et la prolongation de la durée de la saccharification la désagrégation du malt employé pour celle-ci augmente et elle devient très facile à 61°,25. Outre l'élévation de la température, la prolongation de la durée de la saccharification a également de l'influence sur le degré de la désagrégation.

D'un autre côté, en se tenant à une température de 56°,25 à 57°,50 seulement, on court fortement le danger de cultiver un grand nombre des germes étrangers qui troublent la fermentation alcoolique, lesquels se trouvent partout répandus dans l'atmosphère, et finalement l'acidification aussi bien de la levure que de la diastase, qui doit être attribuée à l'activité de bactéries, est entravée ou même rendue impossible.

De ce qui vient d'être dit il résulte que le praticien, lors de la préparation du moût, ne doit pas se contenter de la température de 57°,5, la plus favorable à l'action de la diastase, il doit, suivant les circonstances qui se présentent dans les différentes fabriques, avoir recours à une température de 61°,25 à 65°, et cela aussi bien pour obtenir une désagrégation très complète de l'amidon du malt de saccharification, que pour détruire, en atteignant une

température de stérilisation, les bactéries qui proviennent surtout du malt.

Si, comme on l'a déjà dit, nous devons voir dans le malt, lorsqu'il n'a pas été lavé avec soin ou traité par un désinfectant, la principale source d'infection de nos moûts par ces micro-organismes ennemis de la levure, ces derniers sont cependant également répandus en quantité plus ou moins grande dans l'atmosphère et avant tout dans l'air d'une distillerie, parce que le peu de moût projeté sur le sol, sur les murs des locaux où ont lieu la saccharification et la fermentation ou dans tout autre endroit où il peut rester, offre pour le développement de ces bactéries le terrain le meilleur qu'on puisse imaginer.

Une température de 55°, éminemment favorable à la formation du sucre, sera très bien supportée par les ferments des acides lactique et butyrique, dont il s'agit ici, comme par les différents degrés de développement des organismes inférieurs désignés sous le nom collectif de *bactéries sphériques*, et même les températures de 56°,25 à 57°,50 ne nuisent aucunement à leur activité vitale. Pour préparer un moût sucré *stérile*, c'est-à-dire exempt de bactéries, une plus grande élévation de température est nécessaire, le ferment butyrique et les bactéries sphériques étant tués à environ 61°,25 et le ferment lactique à 63°,75 ou, pour s'exprimer plus exactement, étant si affaiblis qu'ils ne peuvent plus que très peu nuire à l'activité de la levure, ni à l'action complémentaire de la diastase. Nous arrivons ainsi à admettre, comme température convenable pour la préparation du moût celle de 63°,75 à 65°, qui, même dans l'hypothèse d'un malt fortement infecté, permet d'obtenir un produit suffisamment stérilisé, ce qui est nécessaire pour avoir ultérieurement une bonne fermentation.

Les considérations dans lesquelles nous sommes entrés jusqu'à présent peuvent, pour le distillateur, être résumées de la manière suivante :

Le démêlage doit être conduit rapidement, jusqu'à ce qu'on ait atteint la température de 50° ; on ralentit ensuite la vidange, pour, en élevant peu à peu la température, porter au degré le plus convenable pour la formation du sucre la majeure partie du contenu du cuiseur versée dans la cuve-matière et l'y saccharifier. Vers la fin

de l'opération, il faut élever la température de 57°,50, *à* 61°,25-63°,75 *environ, suivant le degré d'infection ultérieure que l'on peut avoir à craindre pour le moût.*

Relativement à l'addition du malt destiné à la saccharification, je conseille de l'ajouter tout entier dès le début du démêlage, et cela pour deux raisons : D'abord, la désagrégation de l'amidon du malt sera d'autant plus complète que le malt restera pendant un temps plus long exposé à la haute température à laquelle est effectuée la préparation du moût ; en second lieu, dans ce cas, la présence de toute la quantité du malt dès le commencement du démêlage permettra à la formation du sucre de débuter avec énergie.

Il est évident que l'addition immédiate de toute la dose de malt destinée à la saccharification ne peut avoir lieu que si la construction de l'appareil à moût, en ce qui concerne l'énergie de l'agitateur et la possibilité de régler exactement la température par refroidissement au moyen d'air et d'eau, répond à toutes les exigences. Autrement, il est prudent d'éviter de brûler le malt et de produire des surchauffages locaux en ajoutant le malt en deux ou trois portions ; dans tous les cas, en procédant ainsi, on n'expose au danger d'être brûlé au début du démêlage que la quantité de malt nécessaire pour la saccharification de la portion de masse cuite évacuée du cuiseur. Plus il y a de cette dernière dans la cuve-matière, moins on a naturellement à craindre le danger que court le malt d'être brûlé.

Il faut aussi avoir égard, dans la pratique de la préparation du moût, aux *dextrines* formées dans ce dernier et à leur *fermentabilité*. En effet, à mesure que la maltose est détruite par la fermentation, les dextrines de leur côté sont transformées en la maltose directement fermentescible par la diastase du malt qui a conservé son activité, et alors elles viennent aussi participer à la fermentation et à la formation de l'alcool. Nous devons donc régler la préparation du moût et la température à observer dans cette opération, de façon à conserver la vitalité et la force de la diastase du malt, afin de produire, comme on l'a déjà dit précédemment, la transformation des dextrines en maltose. Autrement, ces dextrines sont irrémédiablement perdues pour la fermentation et la

production de l'alcool. C'est par conséquent *l'action complémentaire de la diastase* que le distillateur doit s'efforcer de conserver, si toutefois il veut obtenir une fermentation complète et le rendement en alcool le plus élevé.

Maintenant, il y a deux circonstances qui avant tout peuvent empêcher l'action complémentaire de la diastase : *D'abord une haute température pendant la préparation du moût et ensuite la production d'une grande quantité d'acide pendant la fermentation.*

On a déjà parlé longuement du danger que pendant la préparation du moût les hautes températures font courir à la diastase du malt. De cela résulte que le praticien doit munir ses cuves-matières d'un thermomètre qui non seulement fournit par lui-même des indications exactes, mais encore soit placé de façon à donner une image aussi satisfaisante que possible des conditions thermiques qui existent dans le moût et pendant sa préparation. Il arrive souvent que le malt est brûlé involontairement, notamment au début de l'opération, parce que le thermomètre fixe ne plonge pas à une profondeur suffisante dans la cuve-matière et que dans cette période l'ouvrier n'a aucun moyen de se rendre compte de la marche de la température, si de temps en temps il ne la vérifie pas à l'aide d'un petit thermomètre à main ; pour cela, il est nécessaire d'arrêter l'agitateur, si cette détermination de température doit seulement comporter quelque exactitude.

Danger auquel la force de la diastase est exposée par suite de la formation d'acides pendant la fermentation. — Les acides lactique, acétique, butyrique, et autres, exercent, comme les hautes températures, une action nuisible sur la diastase, substance analogue aux corps albuminoïdes.

Si nous voulons nous rendre compte des causes de cette production d'acides, tout à fait inopportune et souvent si nuisible, nous les trouvons généralement dans de grossières défectuosités du travail : manque de propreté, température de saccharification choisie trop basse, le malt n'étant pas tout à fait irréprochable, aussi bien lors de la préparation de moût que lors de celle de levure, telles seront les causes qui pourront contribuer plus ou moins à la production d'acides, lesquels, en paralysant partiellement la diastase

du malt, l'affaiblissent dans son pouvoir saccharigène complémentaire et la rendent ainsi impropre à remplir son rôle important, consistant à transformer en maltose directement fermentescible les dextrines non fermentescibles par elles-mêmes.

La détermination de la teneur en acides des moûts sucrés et fermentés et celle de l'accroissement de l'acidité peuvent fournir des données extrêmement précieuses pour découvrir et éliminer ce genre de défectuosité.

APPAREILS A MOUT

Une cuve-matière bien construite est indispensable pour l'opération de la préparation du moût, par conséquent pour la saccharification. Afin d'orienter le lecteur, nous ne mentionnerons donc que les principaux systèmes de cuves-matières, en les représentant par des figures et les décrivant et indiquant les défauts et les avantages qu'ils peuvent présenter.

Sur les cuves-matières, qui sont encore fréquemment en usage dans les plus petites distilleries travaillant d'après l'ancien procédé et qui sont dépourvues de dispositifs pour le brassage et la réfrigération, nous ne pouvons ici nous étendre bien longuement. Ce sont des caisses quadrangulaires en bois, ayant le plus souvent 3 m. de longueur, 2 m. environ de largeur et 40 cm. de hauteur. La caisse est divisée en deux moitiés égales au moyen d'une cloison. Le démêlage et la saccharification sont effectués dans une moitié, la cloison est ensuite enlevée et le moût se répand sur toute la surface de la caisse. La cuve-matière sert maintenant de bac refroidisseur.

Appareil à moût d'Ellenberger, de Darmstadt. — Cet appareil, dit pile à cylindre hollandaise (*Höllander*), à cause de sa ressemblance avec le dispositif employé depuis longtemps sous le même nom dans la fabrication du papier, n'est plus actuellement que rarement construit en Allemagne; mais comme on le trouve encore dans un grand nombre de distilleries de l'Allemagne du Sud principalement, nous devons le décrire ici.

Ellenberger a adapté aux besoins de la distillerie la pile ou moulin à cylindre des fabriques de papier et il a créé ainsi un appareil tout à fait particulier, qui mettait le cuiseur à haute pression

en communication avec un macérateur et un dispositif de broyage.

L'appareil d'Ellenberger se compose du *cuiseur* Henze de forme cylindro-conique et du macérateur. Celui-ci représente une cuve

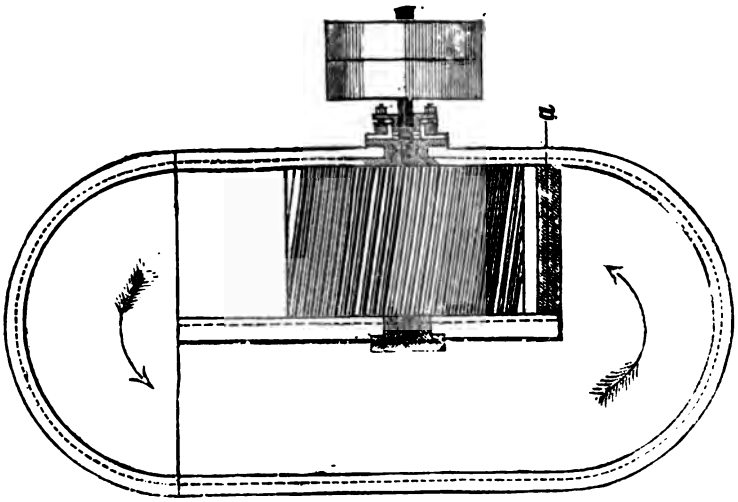


Fig. 42. — Appareil d'Ellenberger: plan.

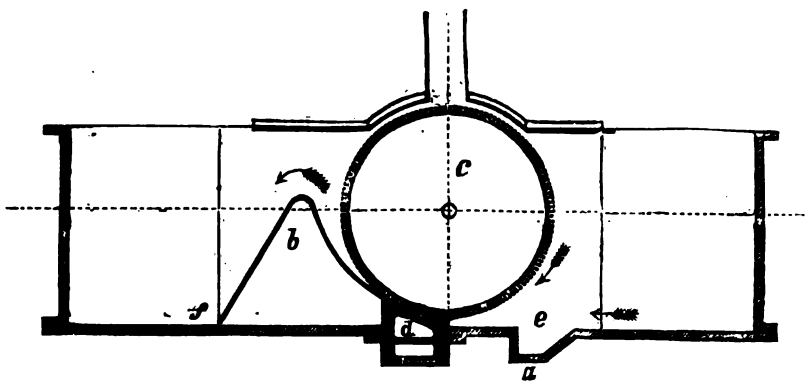


Fig. 43. — Appareil d'Ellenberger; coupe verticale.

en fer oblongue partagée en deux moitiés par une cloison occupant environ les deux tiers de sa longueur. Dans une de ses moitiés est adapté l'appareil de broyage, se composant d'un tambour cannelé, qui tourne à une très faible distance (que l'on peut faire varier) d'une plaque également cannelée, établie au-dessous du tambour sur le fond de la cuve (voy. fig. 42 et 43). Les cannelures du

tambour et de la plaque de fond ont une direction oblique par rapport à l'axe de rotation, de sorte que, lorsque le cylindre tourne, elles produisent une action analogue à celle des ciseaux. Le cylindre fait par minute environ 200 tours ; il a à peu près 100 cannelures, la plaque de fond 10, de sorte qu'il se produit par minute $100 \times 10 \times 200 = 200\,000$ coups de ciseaux, qui naturellement font subir à la masse sortant du cuiseur une division et un broyage parfaits. Le tambour tournant rapidement fait passer dans les cannelures de grandes quantités de matières, de sorte qu'un courant ininterrompu de moût se produit dans la cuve suivant la

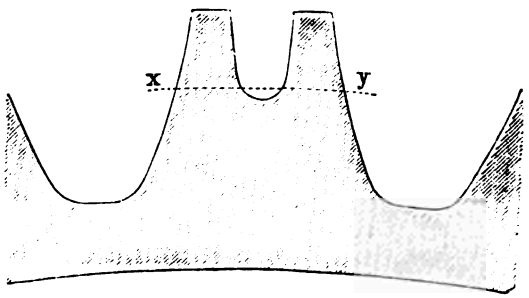


Fig. 44. — Dents du tambour de l'appareil d'Ellenberger.

direction des flèches, comme le montre la coupe verticale représentée par la figure 43.

Les dents du tambour de l'appareil Ellenberger (voy. la fig. 44) peuvent être usées jusqu'à la ligne *x y*, sans que pour cela l'appareil agisse moins efficacement. Mais lorsque les dents sont usées, on peut retourner le tambour et elles s'aiguisent d'elles-mêmes à nouveau.

Afin de préserver le tambour du contact nuisible des pierres, des clous et en général des corps durs et lourds, il existe en avant du tambour et dans toute la largeur de la cuve une cavité (*e*, fig. 43), dans laquelle ces corps se déposent.

L'ancienne disposition de l'appareil d'Ellenberger exigeait une très grande dépense en force motrice, parce que le tambour rotatif plongeait entièrement dans la masse cuite.

Au début du travail, le tambour tourne très facilement, mais plus tard, à mesure que l'appareil se remplit, il plonge de plus en

plus profondément dans la masse cuite et exige alors plus de force.

Pour conserver au tambour, jusqu'à la fin du travail, la même facilité de rotation qu'au début, Ellenberger a établi, à une certaine distance en avant du tambour, un registre incliné *p* (fig. 45), pouvant être élevé ou abaissé à volonté. La consommation de force motrice est ainsi rendue uniforme pendant toute la durée du travail et en même temps beaucoup diminuée.

Les matières préparées dans le cuiseur de Henze B (fig. 45)

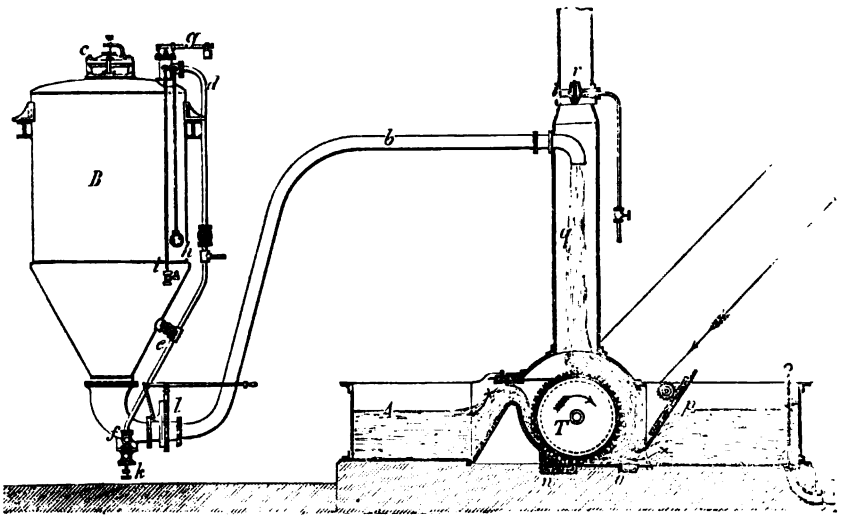


Fig. 45. — Appareil d'Ellenberger (coupe verticale), en communication avec un cuiseur Henze.

pénètrent par le tuyau de vidange deux fois recourbé *l b* dans la cheminée de l'exhausteur *q*, là elles sont refroidies par le courant d'air arrivant en sens inverse et elles tombent sur le tambour animé d'un mouvement de rotation rapide, par lequel elles sont immédiatement entraînées vers la plaque de fond cannelée; après avoir été broyées entre celle-ci et le tambour, elles sont ensuite poussées suivant la direction de la flèche, par la rotation du tambour, sur le plan incliné *b* (fig. 43), d'où elles tombent dans la cuve. Au bout de peu de temps, le contenu de celle-ci vient repasser entre les dents du tambour et de la plaque de fond; il résulte de là que, de même que la masse cuite, le malt de saccharification

est soumis à un brassage et à un broyage énergiques, par suite desquels on arrive à une saccharification rapide et complète de l'amidon préparé dans le cuiseur pour cette transformation.

La préparation du moût étant achevée, la cuve de l'appareil d'Ellenberger est munie de couvercles en bois ou en tôle, afin d'empêcher le refroidissement du moût durant les vingt à trente minutes pendant lesquelles il est abandonné à lui-même en vue de la saccharification complémentaire. Pour éviter des projections de moût pendant le travail, le tambour est recouvert d'une chemise.

On a émis des doutes relativement à la solidité de l'appareil d'Ellenberger et on a aussi avancé qu'il ne serait pas du tout convenable pour la préparation de moûts épais. L'accueil presque général dont ce macérateur a été l'objet, et suivant nous avec raison, montre le manque de consistance de la première assertion. Relativement à la seconde nous devons dire qu'Ellenberger a dû reconnaître qu'elle n'était pas tout à fait sans fondement, puisque depuis quelque temps il construit pour la préparation et le travail des moûts épais des appareils centrifuges, consistant en cuves non ovales, mais cylindriques, avec réfrigération au moyen d'eau.

Le macérateur d'Ellenberger fournit bien un moût dans un état de division extrême, mais il est évident que c'est aux dépens d'une plus grande consommation de force.

Comme il n'est pas pourvu d'un dispositif de réfrigération par l'eau, la vidange du cuiseur doit être effectuée lentement et avec les plus grandes précautions, en observant constamment la température, si l'on veut éviter un surchauffage local du malt.

Les irrégularités dans la fermentation des moûts doivent souvent être attribuées à une vidange défectueuse. Dans l'intérêt de la sécurité du travail, les distilleries qui emploient le tambour d'Ellenberger mesurent généralement le malt de saccharification plus largement que dans celles qui se servent de cuves-matières dites centrifuges.

Comme exemple de ces cuves, qui sont construites par un grand nombre de fabriques dans l'Allemagne du Nord et dans l'Allemagne du Sud, nous représentons dans la figure 41 l'appareil de O. Hentschel, de Grimma (Saxe).

Tous ces appareils centrifuges offrent les propriétés communes

suivantes : ils ont une forme ronde, un agitateur établi dans le milieu de la cuve, qui sert généralement pour broyer, mélanger et brasser le moût, et en outre un dispositif de réfrigération. Abstraction faite de la réfrigération par l'air au moyen de l'exhausteur, les appareils centrifuges sont aussi munis de dispositifs pour la réfrigération par l'eau, lesquels sont des tubes en cuivre horizontaux ou verticaux, ou des poches verticales ou horizontales, dans lesquels se meut l'eau de réfrigération.

La description détaillée d'un seul de ces appareils pourra donner à tous ceux que cela intéresse une idée suffisante de ce système de construction.

Appareil de Hentschel. — Comme le montre la figure 46, l'appareil de HENTSCHEL se compose de trois parties essentielles : la cuve à moût A, l'agitateur B, et le serpentin réfrigérant C.

Sur la couronne en fonte de la cuve à paroi simple faite en tôle, est établie la cheminée de l'exhausteur K ; dans cette cheminée débouchent les tubes de vidange des cuiseurs et au-dessus d'elle se trouve l'exhausteur avec les tubes abducteurs. Le fond de la cuve a la forme d'un entonnoir et dans son milieu et dans le point le plus bas est fixée une sorte de meule gisante, consistant en une plaque de fonte dure cannelée, qui, concurremment avec l'agitateur B, formé d'ailettes fixées en croix sur un arbre vertical, agit comme un appareil extrêmement énergique de broyage et de brassage ; en effet, l'agitateur en tournant rapidement attire le moût dans le milieu à la manière d'une pompe centrifuge horizontale et le projette horizontalement par la force centrifuge dans la direction du fond infundibuliforme, pour le faire circuler en un courant énergique entre les spirales du serpentin réfrigérant. Le moût projeté comme il vient d'être dit est réaspiré vers le milieu et il participe à plusieurs reprises à ce mouvement, qui produit le mélange du moût de la manière la plus efficace.

Le mouvement de l'appareil agitateur, qui fait par minute 100 à 180 tours, produit dans le moût non seulement un mouvement vertical, mais encore un mouvement horizontal, et avec cela une égalisation rapide de la température et un prompt refroidissement.

L'arbre moteur vertical de l'agitateur est centré supérieurement,

au-dessous des roues dentées, au moyen d'un collet et dans le fond de l'appareil à l'aide d'un tourillon disposé de façon à assurer l'étanchéité de la cuve et conformément à la boîte à étoupes, et il tourne par l'intermédiaire d'un pivot en acier trempé sur une crapaudine, qui peut être élevée ou abaissée au moyen d'un levier

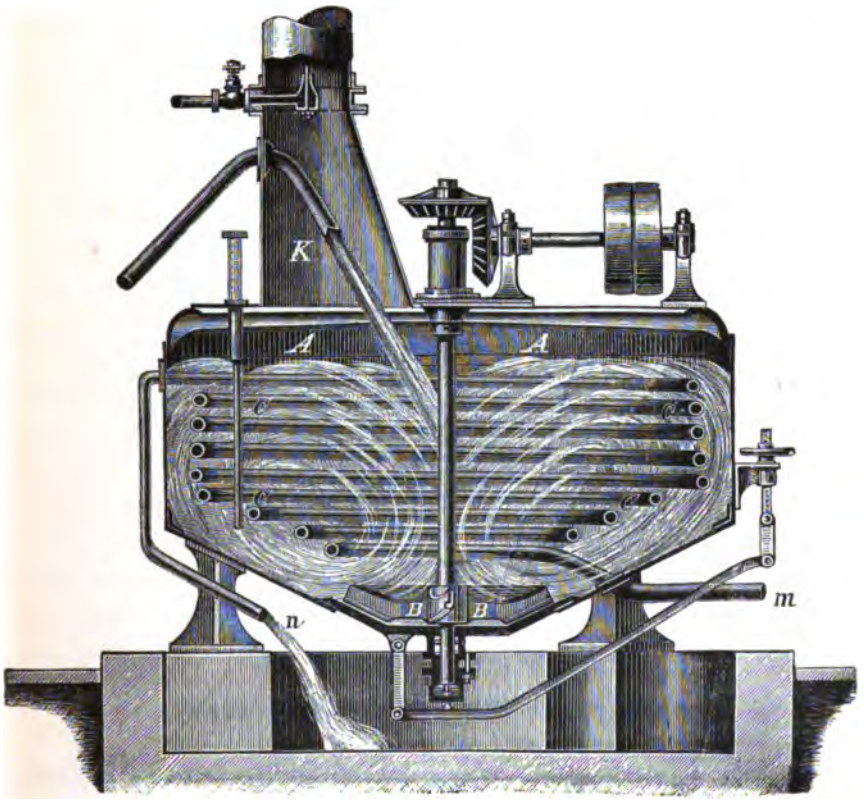


Fig. 46. — Appareil centrifuge de O. Hentschel.

et d'une roue. Grâce à cette dernière disposition, il est possible de rapprocher plus ou moins la croix agitatrice de la surface de la meule gisante.

Le serpentin en cuivre C C est formé de parties ayant la longueur d'un demi-cercle, qui sont assemblées au moyen de raccords faciles à démonter et qui reposent sur des supports en fer à une distance des parois de la cuve favorable à la circulation du moût ; grâce à cette disposition, ce serpentin peut être démonté

en peu de temps et nettoyé facilement à l'aide d'une brosse ; on se sert aussi quelquefois, afin d'augmenter et de mieux utiliser la surface de réfrigération, d'un serpentin combiné.

Ce dernier se compose de courtes pièces tubulaires superposées, qui sont recourbées suivant un rayon plus petit que celui qui correspond au diamètre du serpentin, et sont réunies entre elles en forme de serpentin au moyen de pièces intermédiaires *a*, *b*, *c*

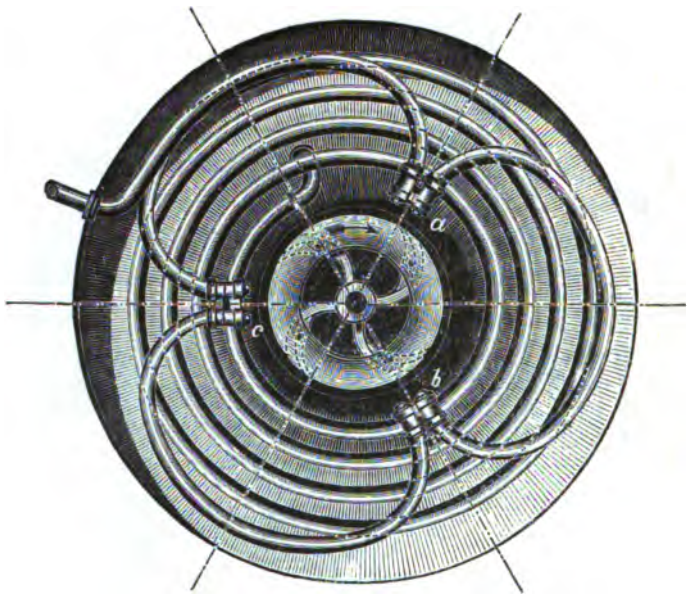


Fig. 47. — Tubes de chauffage et de réfrigération de l'appareil Hentschel.

(fig. 47). Celles-ci ont, vis-à-vis des extrémités des tubes qui s'y abouchent, des ouvertures, qui sont munies de couvercles à vis faciles à enlever. Après avoir dévissé ces couvercles, on peut facilement et rapidement, sans déplacer le tube, le débarrasser, à l'aide de brosses convenables, des dépôts, matières visqueuses et incrustations qui adhèrent à sa surface intérieure, et de cette façon la réfrigération conserve toujours son même degré d'efficacité.

Lorsque le malt concassé destiné à la saccharification a été transformé dans la cuve en un lait par un travail de dix minutes environ au moyen de l'appareil de broyage, on commence la pré-

paration du moût. La masse cuite, amenée par le tuyau de vidange K, tombe sur l'agitateur en rotation rapide, elle passe ensuite entre les surfaces du broyeur, puis est projetée horizontalement et vient, avec le moût qui se trouve dans la cuve, prendre part à la circulation.

La préparation du moût dure environ vingt minutes et l'on a soin d'observer exactement le thermomètre fixe dont la cuve est munie, afin de ne pas dépasser la température de saccharification.

La saccharification étant achevée, on refroidit rapidement et en consommant peu d'eau à la température convenable pour la mise en fermentation.

L'appareil qui vient d'être décrit est excellent et convient aussi bien pour les moûts épais que pour les moûts clairs. L'emploi de tubes horizontaux pour le refroidissement donne des résultats beaucoup plus avantageux que celui de tubes ou de poches réfrigérantes disposés verticalement. Les poches verticales, quelquefois aussi les tubes verticaux, gênent fréquemment la circulation des moûts épais, qui souvent même s'arrête entre les poches, malgré le travail énergique de l'agitateur.

Les poches réfrigérantes horizontales, même si elles servent en même temps à mettre le moût en mouvement, présentent des inconvénients. Soit par suite d'un mouvement d'agitation trop faible, soit par suite d'un refroidissement trop intense, on voit même fréquemment se déposer des grumeaux d'empois sur les poches horizontales, ce qui rend la saccharification incomplète et nuit beaucoup à la réfrigération.

Lorsqu'on craint qu'il se forme de l'empois, on ajoute dès le début de la vidange une toute petite quantité de malt et l'on démêle à 81°,25, afin de fluidifier. On refroidit ensuite à 61°,25 et l'on ajoute le reste du malt, afin d'achever la saccharification.

Avec les cuves-matières dans lesquelles le brassage est défectueux, où le mouvement du moût n'a lieu que dans un sens, et non pas en même temps horizontalement et verticalement, on doit en général procéder avec précaution à l'addition du malt, et, ce qui est le plus convenable, l'ajouter en trois fois. En effet, les différentes portions de la masse sortant du cuiseur ne se mélangent

alors que très défectueusement et lentement avec le moût qui se trouve au fond de l'appareil.

Parmi les fabriques renommées dont les cuves-matières centrifuges répondent spécialement par des dispositions particulières aux différents disiderata, nous citerons entre autres celles de : Paucksch, à Landsberg, sur la Wartha; de Pampe, à Halle, sur la Saale (voy. Chap. VII); d'Eckert, de Berlin; de Linke et Hentze, à Regensburg-Stadtamhof; de Hampel, à Dresde; de Leinhaas, à Freiberg, d'Ellenberger, à Darmstadt.

Cuves à moût rectangulaires. — Les cuves rectangulaires sont tout à fait différentes des appareils centrifuges qui viennent d'être décrits; elles sont tout à fait convenables pour la saccharification et la réfrigération de moûts même très concentrés, et avec cela elles ne consomment que peu de force; elles sont par conséquent supérieures aux appareils centrifuges. De plus, elles ont le grand avantage d'être facilement accessibles, ce qui permet de les tenir très propres sans aucune difficulté.

Des cuves rectangulaires sont construites en Allemagne par les Sociétés Bohm, de Fredersdorf; d'Heureuse-Eckert, de Berlin, Camin et Neumann, de Francfort-sur-l'Oder, et Hentschel, de Grimma, et en France par Egrot et Grangé, de Paris. Les avantages de ces dispositifs sont de plus en plus appréciés des distillateurs.

Les cuves rectangulaires construites par la société O. Hentschel offrent plusieurs particularités nouvelles et intéressantes et marquent dans ce domaine un progrès important; nous donnons dans les figures 48 et 49 des coupes longitudinale et transversale de cet appareil.

Grâce à la forme de son fond, l'appareil de Hentschel offre toutes facilités aussi bien pour l'écoulement du moût que pour le nettoyage. Le tuyau de vidange et le robinet pour l'écoulement de l'eau de lavage sont adaptés, au-dessous du milieu du fond, plus bas en ce point (*Ma* et S, fig. 49). Le couvercle de la cuve est équilibré au moyen d'une poulie et d'une chaîne avec contrepoids. Autour de l'arbre creux, qui traverse la cuve suivant sa longueur et qui sert pour l'introduction d'un courant d'eau ou de vapeur, est fixé un serpentin en cuivre formé d'un certain nombre de spi-

rales, qui sont reliées entre elles au moyen de pièces intermédiaires en laiton V (fig. 49), de façon qu'après avoir enlevé les deux couvercles à vis de chaque pièce intermédiaire on peut, à l'aide d'une brosse, débarrasser tout le serpentin des dépôts, des incrustations, etc., qui se sont formés sur sa surface interne. Les cuves qui contiennent un volume de moût supérieur à 20 hecto-

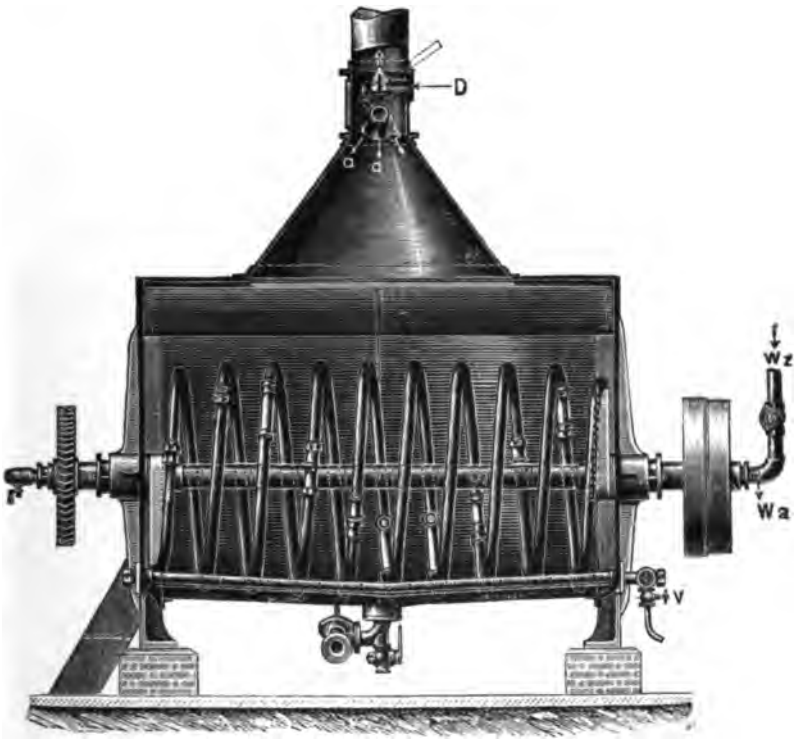


Fig. 48. — Appareil rectangulaire de Hentschel; coupe longitudinale.

litres sont munies de deux systèmes de serpentins pénétrant l'un dans l'autre et se mouvant en sens inverse ; l'effet du brassage et celui de la réfrigération acquièrent ainsi l'intensité qui convient pour le traitement de moûts demi-concentrés. Hentschel obtient une distribution uniforme de la masse cuite dans la cuve, et avec cela une température égale dans toute la longueur du contenu de l'appareil, au moyen de sa buse de vidange mobile *a a* (fig. 48), à laquelle est imprimé pendant la vidange, à l'aide d'un levier, un

mouvement oscillant. Cette buse peut, comme dans la figure, être adaptée dans la cheminée de l'exhausteur ou sur une des parois longitudinales et, par suite du mouvement qui lui est communiqué, elle distribue la matière le long de l'axe de la cuve. Cette forme d'exhausteur s'élargissant de chaque côté, qui est nécessitée par le

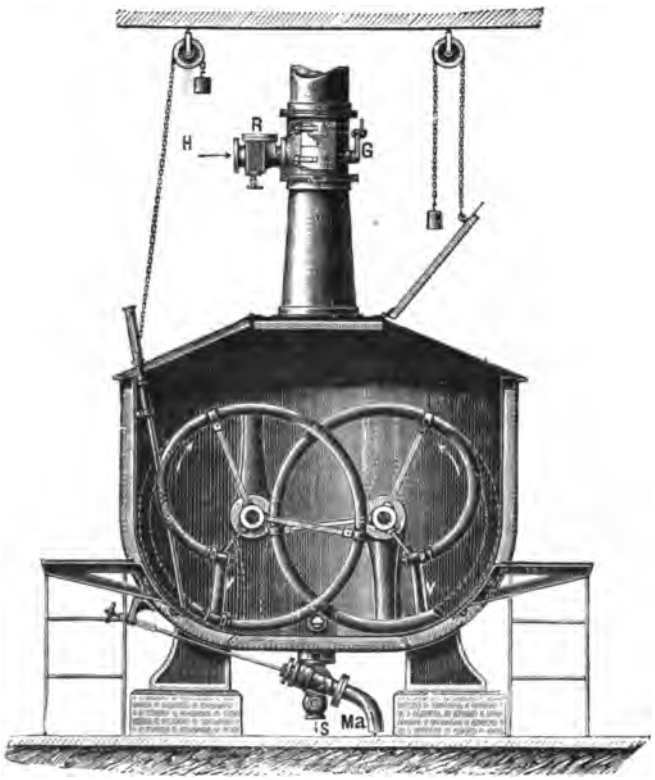


Fig. 49. — Appareil rectangulaire de Hentschel; coupe transversale.

premier mode de vidange, produit en même temps l'entraînement rapide de la vapeur dégagée, ce qui est encore favorisé au moyen d'un exhausteur à jet de vapeur D, adapté au-dessus de la buse de vidange. Devant cette dernière se trouve un dispositif R (fig. 49), pourvu d'une grille, facile à changer et qui peut être vidée rapidement, à l'aide de laquelle sont recueillies les pierres ou autres corps étrangers qui peuvent se trouver parmi les pommes de terre.

Nous devons aussi mentionner le tube combiné avec soupape V

(fig. 48), qui est établi parallèlement à l'axe de la cuve, au-dessous du croisement des serpentins. Ce tube est formé de deux tubes en cuivre de diamètre différents, réunis ensemble et perforés ; il permet d'introduire de la vapeur pour la cuisson de

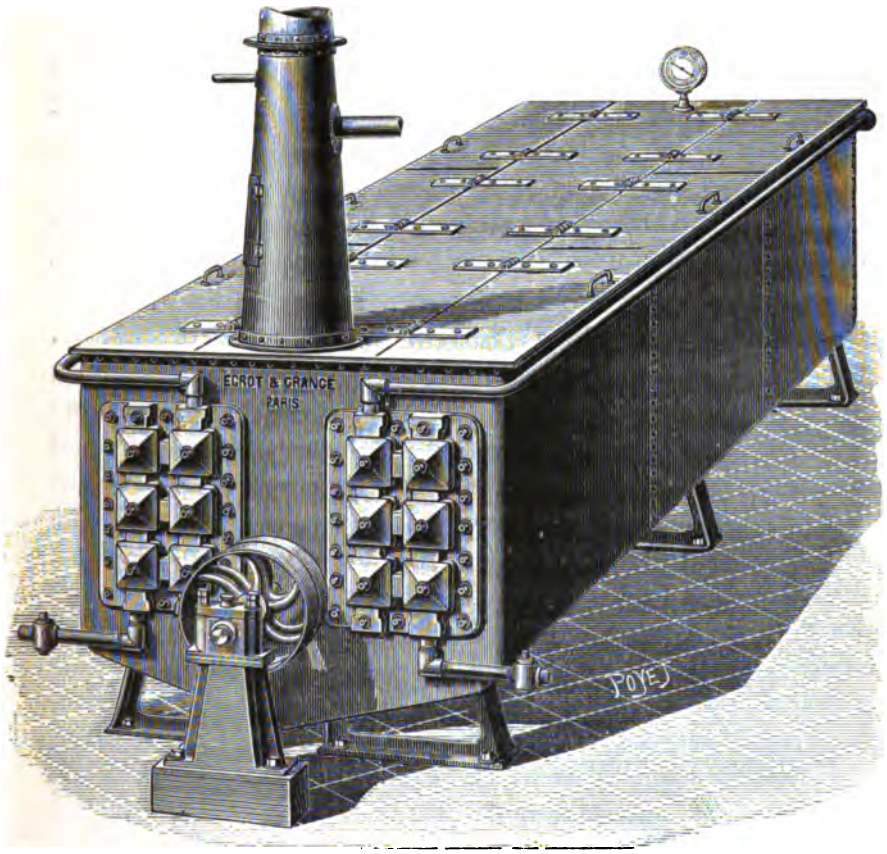


Fig. 50. — Appareil rectangulaire, système Egrot et Grangé.

céréales avec de l'eau et de moûts de céréales, ainsi que pour maintenir des températures de saccharification plus hautes ; il permet également d'injecter de l'eau pour l'empâtage et lors du nettoyage de la cuve, et d'introduire de l'air comprimé pour aérer le moût et le refroidir, en mettant à profit l'absorption de chaleur résultant de l'expansion d'air comprimé et refroidi.

La réfrigération du moût saccharifié est produite uniquement

par la surface froide du serpentin, le refroidissement par les parois n'existant pas. L'eau de réfrigération, dont l'afflux peut être réglé au moyen d'un robinet, pénètre dans l'appareil en Wz (fig. 48) par l'un des tourillons de l'un des axes, elle traverse le serpentin correspondant, puis sortant par le tourillon opposé, elle pénètre, par un tube de communication, dans l'autre axe, d'où elle passe dans le second serpentin et vient sortir, du même côté où elle est entrée primitivement, par l'autre tourillon. Comme les surfaces de réfrigération brassent le moût et que ce dernier est ainsi mis en contact intime avec elles, le dispositif qui vient d'être décrit produit un refroidissement parfait en utilisant complètement l'eau qui le traverse. La rotation lente de l'agitateur, qui fait environ 35 tours par minute, n'exige qu'une force motrice relativement faible.

D'après l'expérience de l'auteur, basée sur une longue pratique, les cuves rectangulaires sont en réalité d'un excellent service; elles permettent, en effet, d'effectuer la préparation du moût en toute sécurité, le brassage et le refroidissement y sont rapides; il est facile de les tenir propres et elles ne consomment qu'une quantité modérée de force; on ne peut donc, d'après cela, que les recommander aux distillateurs pour de nouvelles installations.

[La figure 50 représente l'appareil à moût rectangulaire construit par Egrot et Grangé. Cet appareil se compose d'une cuve horizontale, dont le fond présente une double inclinaison, afin de rendre plus facile l'écoulement du moût. L'eau circule à l'intérieur dans des faisceeux tubulaires entre lesquels un agitateur se meut, en forçant le moût à passer entre ces faisceaux. L'intérieur des tubes peut être nettoyé avec facilité.

Comme les appareils décrits précédemment, ce dispositif est muni d'un exhausteur adapté sur son couvercle.]

IV. — Refroidissement du moût sucré à la température de mise en fermentation.

Lorsque la saccharification du moût est achevée, ce dernier a toujours encore une température de 60° environ; aussi chaud, il ne peut pas naturellement être additionné de levure, c'est-à-dire mis

en fermentation. Il faut d'abord le refroidir à une température convenable, à 17°,5 en moyenne.

Autrefois, pour refroidir le moût, on lui laissait perdre spontanément une partie de sa chaleur par rayonnement et évaporation et en outre on y ajoutait aussi de l'eau froide, jusqu'à ce qu'on ait obtenu, indépendamment de la concentration désirée, la température convenable pour la mise en fermentation.

En Allemagne, la loi relative à l'impôt sur le volume du moût rend l'addition d'eau à ce dernier actuellement impossible et même inutile, car avec le temps on est arrivé à construire des cuves-matières, qui permettent de préparer des moûts même très épais et les appareils de distillation à la vapeur rendent également possible le travail de ces moûts.

En outre, nous reprochons aujourd'hui à l'ancien mode de réfrigération des moûts, par évaporation et addition d'eau froide, de permettre, pendant le long temps que dure alors le refroidissement, la pénétration dans le moût, toujours dangereuse, des germes des organismes ennemis de la fermentation, qui sont répandus dans l'air.

Plus est longue la durée du refroidissement du moût, plus est grand le danger d'infection. Les ferments étrangers, ferments des acides lactique et butyrique et autres bactéries, trouvent dans le moût sucré un terrain extrêmement favorable pour un développement rapide et ils font concurrence aux cellules de levure. Les produits de la fermentation bactérienne sont des acides qui affaiblissent ou détruisent complètement l'action complémentaire de la diastase sur les dextrines.

De ces quelques indications, on peut déduire les principales règles d'après lesquelles doit avoir lieu le refroidissement des moûts à la température de fermentation, et les appareils servant au refroidissement sont plus ou moins convenables, suivant la mesure dans laquelle ils répondent aux indications données.

a. *Refroidissement par l'air.* — Actuellement, le refroidissement du moût dans des *bacs refroidissoirs* n'est plus usité que dans les toutes petites distilleries.

Dans le bac refroidissoir, le refroidissement est surtout produit

par évaporation, et c'est pour cela que tout ce qui favorise l'évaporation favorise aussi le refroidissement. Le moût étant un liquide plus ou moins épais et visqueux, il ne s'y produit pas de courant, bien mieux il se forme à sa surface une pellicule, qui empêche l'évaporation. C'est pour cette raison qu'on agite le moût sans interruption à l'aide de brassoirs à main ou mécaniques.

Les dispositifs dans lesquels le refroidissement a lieu par évaporation — les bacs refroidissoirs — sont établis dans un bâtiment libre de tous côtés, aussi élevé que possible au-dessus du sol et pourvu seulement d'un entourage à jour, de façon à utiliser le mouvement de l'air de toutes façons, parce que ce dernier peut seul entraîner les vapeurs aqueuses qui se dégagent, et permettre qu'il s'en forme de nouvelles.

Le seul *contact* avec de l'air froid ne produit le refroidissement qu'à un faible degré en comparaison de l'action de l'*évaporation* d'une partie du liquide à refroidir. Il résulte de là que le refroidissement est d'autant plus rapide que l'air peut absorber une plus grande quantité de vapeur d'eau, que par conséquent il est plus sec, et que l'air devenu humide est plus rapidement remplacé par de l'air frais. Comme, en outre, l'évaporation ne peut avoir lieu qu'à la *surface* du liquide, il s'ensuit que la couche du moût à refroidir ne doit avoir qu'une faible hauteur et que l'on doit chercher de toutes façons à augmenter l'évaporation.

Mais comme, en outre, un large contact avec l'air peut rendre le moût acide et par suite occasionner une perte en substances utiles, il en résulte aussi que le refroidissement doit être produit aussi rapidement que possible, si l'on ne veut pas que le rendement alcoolique en souffre.

Les *bacs refroidissoirs* sont le plus souvent construits sous forme de grands vases quadrangulaires en bois à bords peu élevés, auxquels on donne, toujours avec une faible hauteur, une capacité en rapport avec l'importance de la fabrication. Dans le dispositif le plus simple de tous, le moût est remué à main d'homme dans toutes les directions à l'aide de fourquets et l'évaporation est ainsi favorisée. Le fer vaut mieux que le bois, à cause de sa conductibilité pour la chaleur; on établit les bacs refroidissoirs en fer

sur une sorte de grille, de façon que le refroidissement soit aussi favorisé par le contact de leur fond avec l'air ambiant.

Comme le brassage du moût dans un local où règne un courant d'air est un travail désagréable et pénible, on a imaginé différents dispositifs mécaniques, permettant d'atteindre le même but. Un dispositif de ce genre tout à fait simple consiste en un ventilateur formé d'une roue à ailettes, qui produit un courant d'air énergique à la surface du moût. On donne à la roue une faible épaisseur, mais un grand diamètre, afin que le courant d'air soit très large, mais peu élevé ; l'appareil peut être mu par la force humaine.

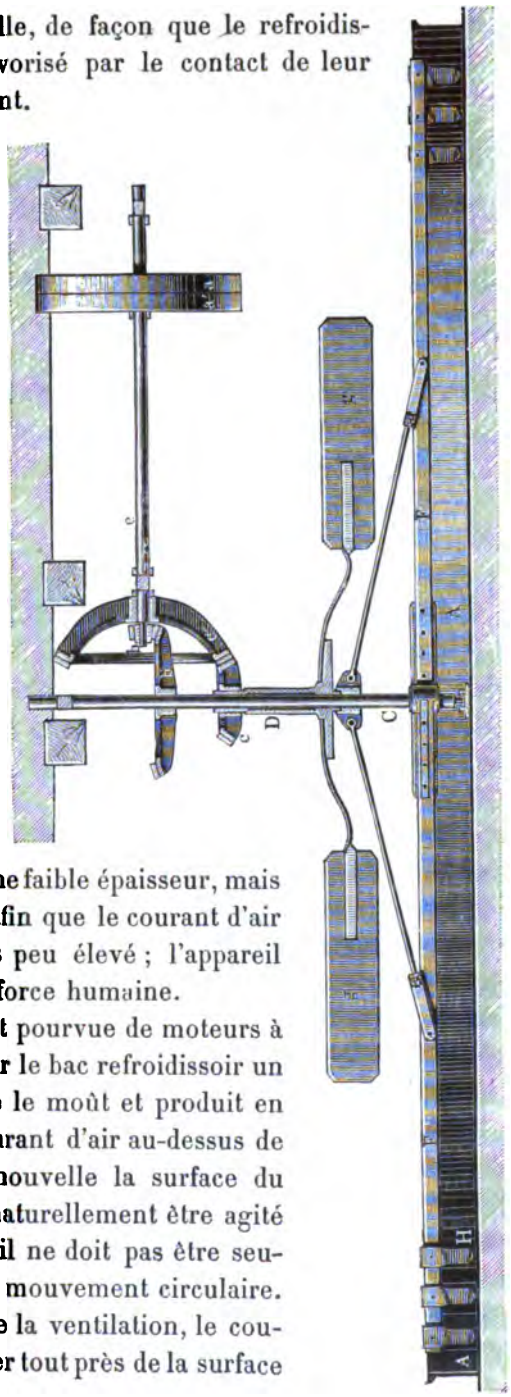


Fig. 51. — Bac refroidissoir en fer avec agitateur et ventilateur.

Si la distillerie est pourvue de moteurs à vapeur, on adapte sur le bac refroidissoir un dispositif, qui brasse le moût et produit en même temps un courant d'air au-dessus de lui. Le brassage renouvelle la surface du moût ; celui-ci doit naturellement être agité sans interruption et il ne doit pas être seulement soumis à un mouvement circulaire. Pour ce qui concerne la ventilation, le courant d'air doit circuler tout près de la surface

du moût. La figure 51 représente un bac refroidissoir en fer sous sa forme la plus répandue ; A est le bac lui-même, qu'il est convenable d'établir à l'air libre, exposé à l'action des vents régnants. L'arbre C actionne l'agitateur, formé de deux bras en fer F, F, qui à leurs extrémités portent des aubes pointues H. L'action de ces aubes ne peut être mieux comparée qu'avec celle d'une charrue. L'arbre creux D, qui se trouve au-dessus de l'arbre C, met en mouvement les ailes *g*, *g* du ventilateur.

Tandis qu'en hiver on peut employer un bac refroidissoir en fer, peut-être même avec avantage, il n'offre que des inconvénients dès que s'élève la température extérieure et alors le refroidissement exige un temps énorme, et il finit par se former des acides dans le moût.

b. *Refroidissement combiné par l'eau et par l'air.* — Les cuves-matières centrifuges, de même que les appareils à moût rectangulaires, dont il a été question précédemment (p. 157 et suiv.), sont pourvus de dispositifs de réfrigération par l'eau et par l'air. Pour le refroidissement par l'eau, on se sert soit de poches réfrigérantes, soit de tubes ; on fait quelquefois, dans le même but, circuler de l'eau dans un double fond ou une double paroi. Le refroidissement par l'air est obtenu au moyen de l'exhausteur à jet de vapeur, qui amène l'air froid au-dessus de la surface du moût, rapidement renouvelée au moyen de l'agitateur.

Il est incontestable que la préparation du moût, comme aussi le refroidissement, est effectuée de la manière la plus commode et la plus pratique dans une cuve-matière munie d'un dispositif de réfrigération.

La principale condition que l'on doit exiger d'un dispositif de réfrigération, c'est qu'il soit facile de le débarrasser des dépôts et des incrustations qui s'y forment intérieurement. Pour les poches réfrigérantes, qui souvent sont très difficilement accessibles, une simple injection de vapeur est le plus souvent tout à fait insuffisante pour détacher et éliminer les incrustations qui s'y sont déposées. Dans ce cas, pour arriver à un nettoyage intérieur complet, il est nécessaire de démonter les poches.

Les tubes réfrigérants sont au contraire généralement beaucoup

plus faciles à entretenir propres que les poches, parce qu'ici il n'existe ni angles ni coins, dans lesquels les impuretés peuvent adhérer, si seulement on a soin de se servir, comme cela est prescrit, des brosses destinées au nettoyage des tubes.

Les plaintes qui s'élèvent fréquemment relativement à la défectuosité des cuves à moût, pour ce qui concerne la réfrigération, disparaîtraient, si les distillateurs s'appliquaient à nettoyer les appareils avec plus de soin. En effet, on rencontre souvent des usines dans lesquelles les appareils de réfrigération n'ont été visités, ni démontés, ni nettoyés à fond depuis des années.

Si une cuve-matière est dépourvue d'appareil réfrigérant ou si

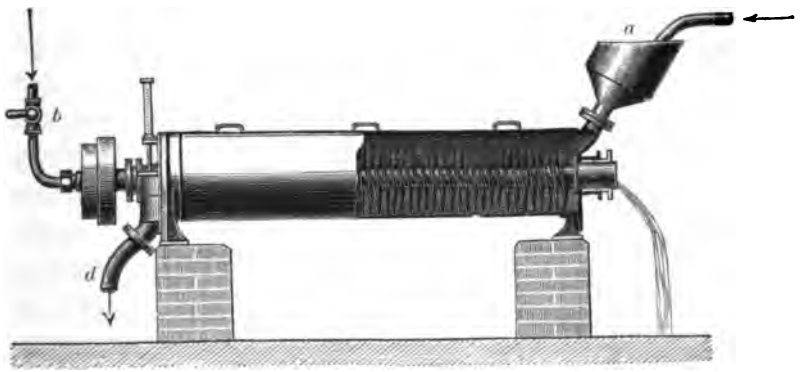


Fig. 52. — Réfrigérant héliçoïdal d'Hentschel; coupe longitudinale et vue extérieure.

celui dont elle est munie est défectueux, on se sert, en évitant ainsi le bac refroidissoir, du *réfrigérant héliçoïdal* d'HENTSCHEL, de Grimma, appareil dans lequel la réfrigération a lieu à la fois par l'air et par de l'eau. Cet appareil est représenté en coupe longitudinale par la figure 52 et en coupe transversale par la figure 53.

Le réfrigérant d'HENTSCHEL, que la pratique a complètement adopté, ne consomme qu'une faible quantité d'eau, parce que le refroidissement n'est pas produit par l'eau seule, mais aussi par l'air et l'évaporation.

Dans l'auge en tôle *c* (fig. 53), tourne l'arbre creux *d*, dont les tourillons reposent sur des coussinets établis aux extrémités de *c;* sur cet arbre sont fixées des spirales creuses *e*, composées de disques de cuivre, et une poulie motrice. L'auge est munie d'un

couvercle en tôle formé de plusieurs pièces, que l'on peut mettre en place ou enlever pendant le refroidissement, de façon que, par conséquent, suivant les besoins, le refroidissement se fasse à l'abri ou au contact de l'air (refroidissements par l'eau et par l'air combinés). L'eau de réfrigération est introduite par le tube à robinet *b* (fig. 52) dans le tourillon creux de l'arbre *d* (fig. 53); elle traverse toutes les spires de l'hélice et s'écoule à droite par l'autre tourillon de l'arbre.

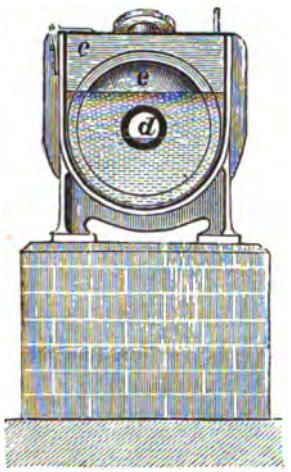


Fig. 53. — Réfrigérant hélicoïdal d'Hentschel; coupe transversale.

Le moût à refroidir peut tomber par un tube dans l'entonnoir *a* (fig. 52), soit directement de la cuve-matière, soit d'un réservoir, dont l'orifice d'écoulement doit être muni d'un robinet d'arrêt; mais il vaut mieux déverser le moût dans l'entonnoir *a*, à l'aide d'une pompe avec piston à course variable. De l'entonnoir *a*, le moût coule dans l'auge *c*; là, il est saisi par l'hélice faisant 40 à 50 tours par minute et amené dans le tuyau d'écoulement *d*, qui se trouve à l'autre extrémité de l'auge, et du tuyau *d*, il tombe dans la cuve à fermentation; entré dans l'appareil avec une température de 59° environ, le moût en sort refroidi, en une minute à une minute un quart, à 15°-16°,25. Un thermomètre fixe, placé dans l'ouverture de sortie du réfrigérant, indique la température du moût refroidi.

Comme l'air qui se trouve à l'intérieur de l'hélice empêcherait au début le passage de l'eau de réfrigération, il est nécessaire que l'appareil soit pourvu d'un dispositif de renversement, au moyen duquel on puisse imprimer à l'arbre portant l'hélice un mouvement quelconque, en avant ou en arrière, de façon que, par conséquent, avant le refroidissement, l'hélice tourne dans la direction du tourillon d'entrée de l'eau, jusqu'à ce que celle-ci, poussant l'air devant elle, s'écoule à l'extrémité opposée de l'arbre.

Le refroidissement étant achevé, on expulse complètement de la même manière l'eau qui se trouve dans l'hélice et l'on évite

ainsi une rupture éventuelle de l'appareil sous l'influence de la gelée.

Dès que l'eau de réfrigération commence à couler, on renverse le mouvement de l'arbre, de façon qu'il tourne en sens inverse. Si maintenant on fait arriver le moût dans l'auge, il est transporté vers le tuyau d'écoulement *d* par l'hélice réfrigérante, de sorte que, par conséquent, la direction du mouvement de l'eau de réfrigération est inverse de celle du moût et on obtient ainsi un refroidissement par courant contraire.

Afin de pouvoir ajouter la levure au moût à toutes températures dans le réfrigérant héliçoïdal et obtenir ainsi un mélange intime des deux corps, l'appareil est pourvu d'un entonnoir mobile suivant la longueur de l'auge ; une roue à palettes, qui se trouve au fond de l'entonnoir et reçoit son mouvement d'un dispositif approprié, distribue peu à peu la levure dans le moût ; celle-ci est ainsi mélangée avec le moût et refroidie complètement par les spirales de l'hélice. Il est facile de trouver quelles sont celles des spirales dans lesquelles le moût a atteint la température la plus convenable pour l'addition de la levure.

Le nettoyage du réfrigérant héliçoïdal, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, est d'une exécution facile et commode.

c. *Refroidissement par l'eau.* — Tandis que le refroidissement par l'air et le refroidissement par l'eau et par l'air donnent au moût l'occasion de se saturer d'air et par suite favorisent la multiplication des cellules de levure, cela est impossible avec le *refroidissement par l'eau*, qui a lieu dans des tubes clos. Les dispositifs qui servent pour le refroidissement par l'eau ont encore cet autre inconvénient que la levure et le moût ne peuvent pas être mélangés à une température plus élevée que celle de la mise en fermentation et ensuite refroidis ensemble. Mais, par contre, les appareils en question offrent sur les bacs refroidissoirs l'avantage de n'exiger que peu de place, et en outre, par suite de l'exclusion complète de l'air, le danger d'une infection par contact avec l'atmosphère n'est pas à redouter.

Les appareils usités pour le refroidissement par l'eau ou, comme on les appelle, les *réfrigérants tubulaires*, sont surtout construits

sous forme de deux types différents, celui d'Ellenberger et celui de Paucksch.

Comme le réfrigérant tubulaire système Ellenberger appartient à la cuve à moût dont nous avons donné précédemment une description détaillée (voy. p. 158), nous devons le décrire ici. Cet appareil, qui est représenté par la figure 54, est basé sur le mouvement en sens opposé du moût à l'intérieur de tubes étroits et d'eau dans une caisse traversée par les tubes.

Ces tubes, longs de 100 à 132 m., sont établis dans une caisse quadrangulaire ; celle-ci peut être installée sans difficulté contre un mur. La section ovale des tubes favorise l'action réfrigérante ; leur position horizontale exige qu'ils soient toujours complètement remplis de moût ; l'élimination du moût resté dans le réfrigérant et le nettoyage de celui-ci sont faciles à effectuer en refoulant de l'eau dans l'appareil au moyen d'une pompe. Les tubes métalliques peuvent être facilement retirés de la caisse et débarrassés des dépôts et incrustations.

La caisse longue et étroite du réfrigérant d'Ellenberger est partagée en neuf compartiments (huit dans la figure) au moyen de cloisons horizontales disposées en chicanes. L'eau de réfrigération entre par le tube *b*, elle parcourt le compartiment inférieur jusqu'à son extrémité, pénètre dans le compartiment supérieur qu'elle parcourt également, pour passer ensuite dans celui qui lui est immédiatement supérieur, en continuant ainsi sa marche en zigzag, jusqu'à ce que finalement elle sorte du réfrigérant par le tube *d*.

Dans chaque compartiment se trouvent trois tubes en cuivre à section ovale, essayés à cinq atmosphères ; ils représentent trois systèmes horizontaux séparés des tubes réfrigérants ; les tuyaux de chacun de ces systèmes sont assemblés d'un compartiment à l'autre au moyen de coudes faisant saillie en dehors de la caisse.

A l'aide de la pompe *i*, munie d'un piston à course variable, le moût à refroidir est refoulé dans le tuyau *a* débouchant dans un réservoir, duquel partent les trois systèmes de tubes réfrigérants munis chacun d'un robinet *h*. Comme on le voit, on peut, lorsqu'un système de tubes vient à s'obstruer, le retirer du circuit sans pour cela interrompre l'opération ; de même, à l'aide du

tuyau *e*, on peut, avec de l'eau, nettoyer l'un après l'autre chacun

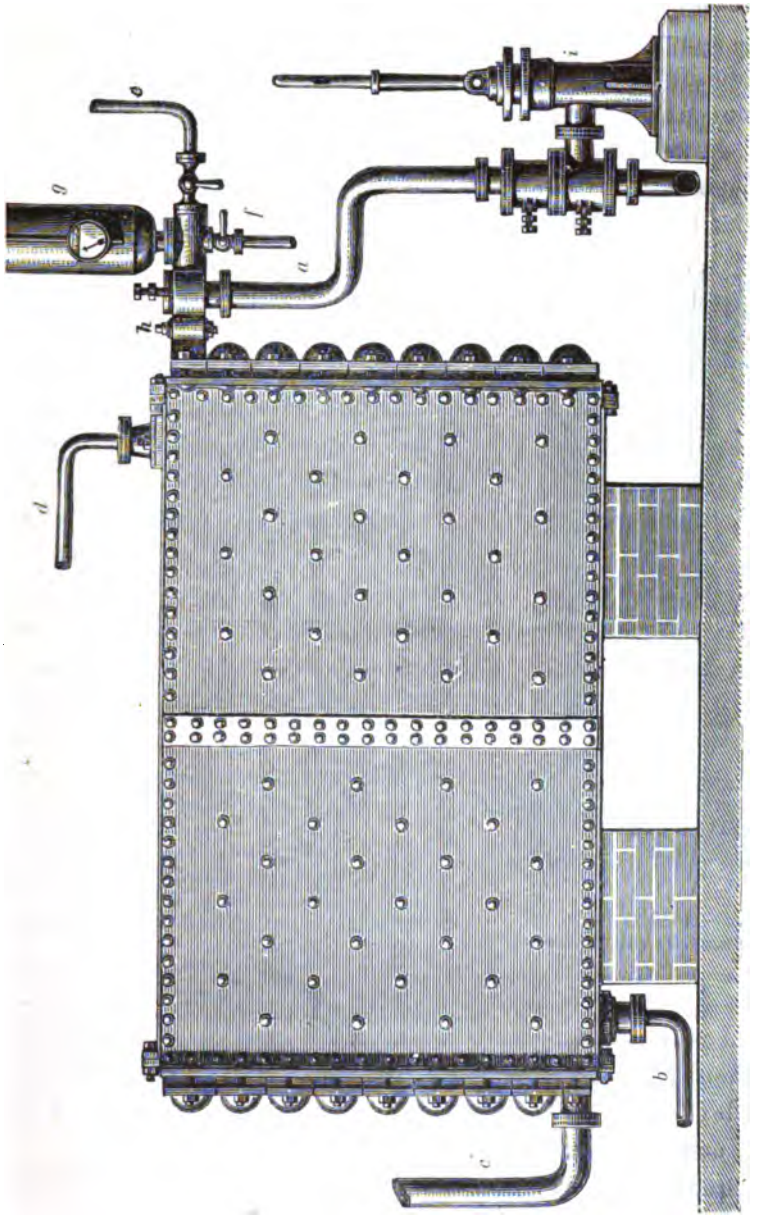


Fig. 54. — Réfrigérant tubulaire d'Ellenberger.

des systèmes tubulaires. Le moût refroidi dans les trois systèmes s'écoule par le tuyau *c*.

Le réservoir à air *g*, muni d'un manomètre, permet de contrôler la pression qui règne dans le réfrigérant ; une soupape s'ouvrant à trois atmosphères empêche le tube de cuivre de se rompre, accident qui, autrefois, s'est produit quelquefois, lorsque par suite d'une marche trop rapide de la pompe ou d'une très grande viscosité du moût la pression était montée trop haut. Le moût qui a pu pénétrer dans le réservoir à air peut être évacué par le tube *f*.

Le réfrigérant tubulaire d'Ellenberger donne d'excellents résultats, avec une consommation d'eau relativement faible.

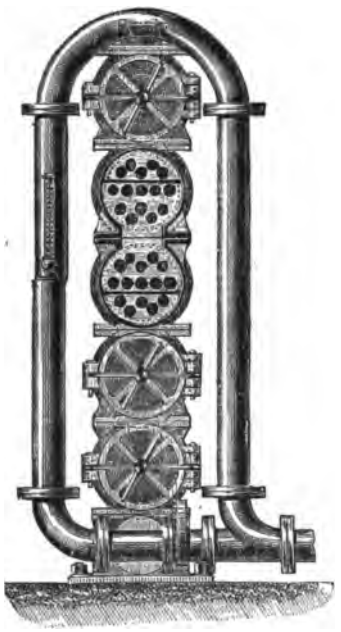


Fig. 55. — Réfrigérant tubulaire de Paucksch; coupe transversale.

Afin de faire comprendre le principe de la disposition intérieure d'un réfrigérant tubulaire, nous donnons dans la figure 55 la section du réfrigérant construit par la société Paucksch, de Landsberg. La construction de cet appareil est basée sur les mêmes principes que ceux sur lesquels repose le réfrigérant d'Ellenberger et dont nous avons parlé précédemment.

Le réfrigérant se compose également d'étages séparés, dont le nombre dépend de l'importance de l'usine et de la température de l'eau dont on dispose. Plus on a d'eau à sa disposition et plus elle est froide, moins on a besoin d'étages pour obtenir un effet donné; tandis que, au contraire, avec une eau peu abondante et chaude, il faut un plus grand nombre d'étages. La quantité de l'eau nécessaire pour la réfrigération dépend également de sa température, et dans des conditions normales il en faudra un volume égal à une fois et demie celui du moût.

Chaque étage se compose d'une enveloppe cylindrique en fonte, fermée à ses deux extrémités et divisée, dans le sens de sa longueur, en un certain nombre de compartiments, au moyen de cloisons venues de fonte avec elle. Cette enveloppe est traversée par quinze

tuyaux en laiton placés parallèlement aux cloisons ; elle les dépasse d'une certaine quantité aux deux extrémités et forme ainsi à l'arrière et à l'avant des tuyaux des chambres, qui sont également munies de cloisons et peuvent être fermées par un couvercle mobile d'un maniement facile.

L'eau circule autour des tubes en laiton, pendant que le moût est refoulé dans ces derniers à l'aide d'une pompe avec piston à course variable. Le but des cloisons qui se trouvent dans les chambres est de forcer le moût à ne jamais passer que par cinq tubes à la fois ; il est ainsi obligé de faire trois circuits dans le même étage avant de pénétrer dans le suivant. L'eau de réfrigération a une circulation analogue. Tous les deux, le moût et l'eau, circulent en sens inverse, le premier entrant à la partie supérieure de l'appareil, la dernière pénétrant à la partie inférieure.

Le moût, après avoir traversé le réfrigérant, s'élève dans un tube ascendant jusqu'au-dessus du point le plus haut de l'appareil, de façon que ce dernier puisse se remplir complètement de moût ; l'air contenu dans l'appareil est évacué par un robinet.

d. *Refroidissement à l'aide de glace.* — Dès que la fabrication se prolonge jusqu'au printemps ou même jusqu'en été, il arrive assez souvent que le refroidissement par l'air, aussi bien que par l'eau, est insuffisant, parce que la température de l'air et de l'eau est trop élevée pour amener le moût sucré à la température de mise en fermentation ou pour conserver la levure-mère à une température suffisamment basse. On ne peut alors avoir recours qu'à la glace, et le distillateur qui pense devoir prolonger la campagne jusque dans la saison chaude fait bien de remplir sa glacière, afin de ne pas se mettre dans l'embarras.

Pendant le travail d'été, la glace n'est pas seulement l'unique agent de réfrigération, mais elle est aussi un agent particulièrement convenable ; on peut l'employer de différentes manières : d'abord directement, en l'ajoutant au moût à refroidir, puis indirectement, en la mettant, comme on le fait dans les brasseries, dans un vase métallique, dit flotteur, que l'on place dans le moût à refroidir. Enfin, on peut aussi laisser fondre la glace dans l'eau qui sert pour la réfrigération.

Le premier mode d'emploi, c'est-à-dire l'addition directe, a un double inconvénient : le moût est très étendu et, lorsqu'on se sert de glace qui n'est pas tout à fait pure, par exemple de glace d'eaux stagnantes ou marécageuses, le moût est fortement contaminé par des bactéries, ce qui peut fréquemment être la cause de très grandes perturbations.

Les indications suivantes serviront pour calculer les quantités de glace nécessaires pour un refroidissement déterminé :

100 litres de moût à la température de :	Exigent les quantités suivantes de glace pour être refroidis à la température de :		
	20°	17°,50	15°
30°	11,1 kg.	14,2 kg.	17,5 kg.
27°,50	8,3 »	11,3 »	14,5 »
25°	5,5 »	8,5 »	11,7 »
22°,50	2,8 »	5,7 »	8,8 »
20°	—	2,8 »	5,8 »

V. — Dépelage du moût.

Il y a déjà plusieurs années que l'on s'est efforcé dans la fabrication de l'alcool d'éliminer des moûts aussi complètement que possible, les drèches et autres matières non saccharifiées, qui exercent souvent une influence très fâcheuse sur la forme de la fermentation, ainsi que sur le degré de celle-ci. L'impôt sur la capacité de cuve, tel qu'il existe en Allemagne, a, de son côté également, incité à la recherche de procédés pour débarrasser le moût des drèches et autres corps étrangers.

On parvient :

1° A préparer des moûts très concentrés et à les travailler avec succès, et

2° A utiliser autant que possible la capacité de cuve imposée avec les mêmes frais, en éliminant du moût les drèches et autres impuretés, parce qu'on diminue ainsi l'espace perdu des cuves de fermentation et que l'on obtient un rendement plus élevé avec le même volume de moût.

Pour utiliser le mieux possible la capacité des cuves, les appareils de dépelage du moût ont une importance d'autant plus grande que les matières premières employées sont plus riches en drèches. Avec des pommes de terre provenant de mauvais terrains et même des tubercules pauvres en fécule, il est possible, à l'aide du dépelage, de préparer un moût encore relativement riche en sucre et d'en éliminer les fragments malades ou pourris.

Cela pouvait engager à éliminer complètement des moûts les drèches et autres corps étrangers et conduire finalement à une fermentation défectueuse de ces liquides ; car les drèches sont des véhicules aussi bien pour l'oxygène que pour la levure. Celle-ci vient se déposer sur les drèches et autres particules en suspension, qui les transportent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre et dans ce déplacement continuel au sein du moût elle rencontre toujours de nouvelles quantités de sucre, dont elle provoque la fermentation. Dans le cas contraire, c'est-à-dire en l'absence de drèche, la levure ne tombe que trop rapidement au fond du moût, ce qui réduit considérablement sa sphère d'action et donne lieu à une fermentation défectueuse. C'est pour cela qu'on se contente de n'éliminer que la majeure partie des drèches. Les dépeleurs de moût énumérés et décrits dans les pages suivantes sont tous construits de façon qu'on n'ait pas à craindre, en s'en servant, une élimination totale des drèches.

Parmi les appareils en usage pour le dépelage du moût, le plus répandu en Allemagne est actuellement celui de Ernst Müller, construit par la fabrique de machines F. Eberhardt, de Bromberg. Cet appareil (fig. 56) se compose essentiellement d'un tamis cylindrique rotatif, muni intérieurement de palettes directrices et extérieurement d'un cylindre compresseur, avec segments d'hélice et soupape équilibrée, ainsi que d'une auge collectrice avec robinet ou soupape de vidange.

Le dépelage du moût a lieu très simplement de la manière suivante :

De la cuve-matière, le moût est introduit dans l'appareil par chute naturelle ou à l'aide d'une pompe et il est tamisé par le tambour rotatif. Les particules qui restent dans ce dernier sont transportées par les palettes vers le cylindre compresseur; là, elles sont saisies

par les segments d'hélice et refoulées dans une embouchure qui se trouve à l'extrémité de l'appareil. Le moût dépelé se rassemble dans l'auge collectrice et s'écoule par la soupape.

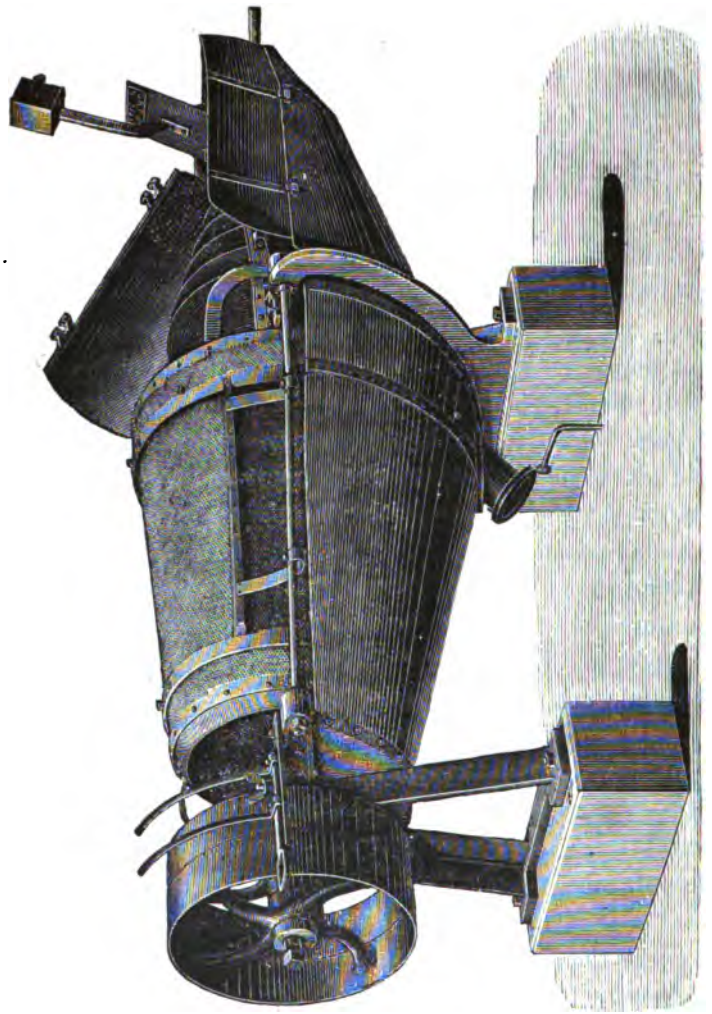


Fig. 56. — Dépeleur de E. Müller.

L'appareil, une fois le travail achevé, peut être nettoyé très simplement et très facilement. Dans ce but, on ferme la soupape de vidange, puis on remplit l'auge avec de l'eau de façon que le tambour tamiseur y plonge dans toute sa longueur et ensuite on met l'appareil en mouvement. En quelques instants, tout ce qui adhérait

au tambour, intérieurement et extérieurement, et aux autres organes de l'appareil est alors complètement entraîné par l'eau. Il ne suffit plus maintenant que de lancer un jet d'eau sur la machine. Après chaque nettoyage, il faut ouvrir les portes de la presse et débarrasser l'hélice des fibres, des racines, des germes, etc., adhérents.

L'appareil de Müller, dont les mailles du tambour ont 7 mm. de côté et éliminent environ 64 p. 100 de la quantité totale des drèches, séparera naturellement, comme tous les appareils analogues, des quantités de drèches variables suivant l'espèce des pommes de terre et aussi suivant la quantité employée pour la préparation d'un hectolitre de moût. Ainsi, par exemple, il est évident que lorsqu'on travaille des pommes de terre pauvres en fécule, lors de la cuisson desquelles on a évacué aussi complètement que possible l'eau de condensation et l'eau de végétation, on obtient un moût relativement concentré avec beaucoup de drèche. En outre, des moûts préparés avec des pommes de terre à peau fine et saines contiendront une quantité de drèche moindre que ceux qui auront été obtenus avec des tubercules à peau épaisse et atteints de pourriture sèche.

Le principal avantage d'un dépeleur consiste en ce que la réduction de volume du moût permet de transformer en moût une quantité plus grande de matière première; en outre, on peut réduire l'espace perdu des cuves de fermentation, parce qu'avec les moûts dépelés la fermentation, au lieu d'être ascendante et descendante, affecte la forme circulaire, dans laquelle l'acide carbonique se dégage régulièrement et tranquillement, en soulevant le moût au centre de la cuve et l'abaissant vers les parois. Cette économie en espace perdu est naturellement variable : elle s'élèverait à 15 p. 100 au minimum et à 60 p. 100 au maximum; l'auteur considère ce dernier chiffre comme exceptionnellement favorable et une réduction de 50 p. 100 de l'espace perdu devrait déjà être mise au nombre des résultats les plus favorables. — L'augmentation moyenne du rendement en alcool pur est généralement évaluée à 0,5 p. 100 de la capacité des cuves.

Le dépelage du moût peut être effectué avant ou après le refroidissement à la température de fermentation. Mais plus le moût est chaud, plus son dépelage est facile et complet.

Il ne faut pas oublier que le dépelage doit être effectué rapidement, sans refroidir le moût à 30° ou même au-dessous, parce que autrement la production d'une forte acidité est inévitable. De même, pendant le dépelage, le moût doit être mis à l'abri de toute imprégnation par l'air, parce que, s'il n'en est pas ainsi, le moût dépelé est le siège d'une fermentation tumultueuse. Du reste, les appa-

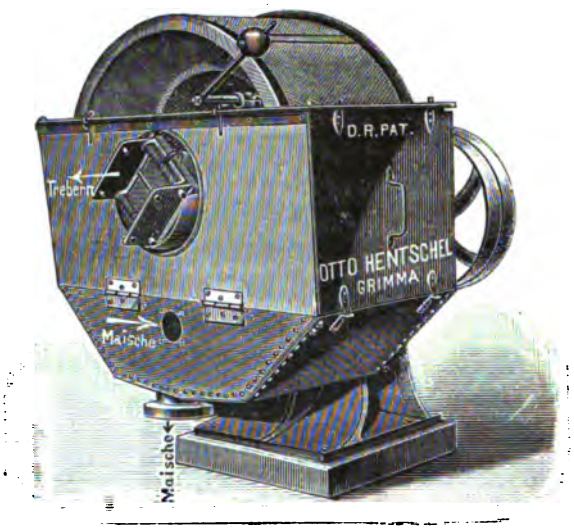


Fig. 57. — Dépeleur de Hentschel; vue extérieure.
(Trebern = Drèches ; Maische = Moût.)

reils de dépelage et les dispositifs mobiles pour le refroidissement des cuves de fermentation se complètent très heureusement et sont une garantie pour une bonne fermentation des moûts, les moûts dépelés ne pouvant fermenter que défectueusement sans le mouvement mécanique des réfrigérants des cuves.

L'emploi d'un dépeleur doit être recommandé non seulement aux grandes usines, mais encore aux petites distilleries, travaillant avec une capacité de cuve de moins de 30 hectolitres par jour. Par le dépelage de 100 litres de moût, on gagne en moyenne un espace de six litres, pour lequel on peut employer en plus une quantité correspondante de matière première, ou bien on diminue proportionnellement la capacité des cuves. En admettant ce dernier cas, on économise en impôt par cuve avec 30 hectolitres

environ 2,95 fr.; dans une fabrique, avec 250 cuves, le prix de l'appareil se trouve ainsi presque entièrement payé.

Avec tous les appareils de dépelage des moûts, quel que soit leur mode construction, on n'a plus à craindre les obstructions, autrement si fréquentes, des pompes, des conduites de moût et des appareils distillatoires par les drèches et les fragments de pommes de terre plus ou moins gros, ainsi que par des corps étrangers; les

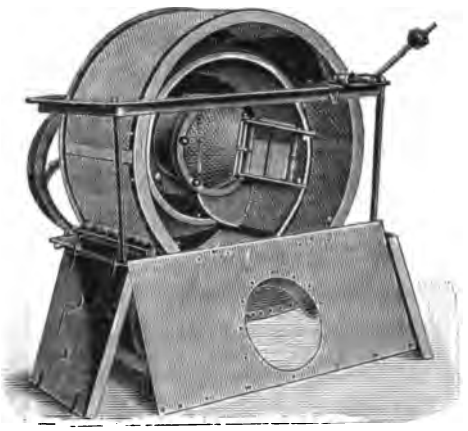


Fig. 58. — Dépeleur de Hentschel; vue intérieure.

arrêts que l'on voit si fréquemment se produire dans la fabrication sont ainsi prévenus, avantage qui mérite d'être pris en sérieuse considération.

Le dépeleur de Hentschel, de Grimma, qui est représenté par les figures 57 et 58, est tout à fait différent de la forme de celui de E. Müller.

Cet appareil offre les dispositions suivantes. Sur un disque vertical mis en rotation avec une vitesse convenable, au moyen de roues dentées, est adapté un tambour ou tamis cylindrique, à l'intérieur duquel se trouve un second tamis spiraliforme, fait avec de la tôle perforée.

Dans le milieu du disque se trouve un cylindre conique horizontal avec presse héliçoïdale, qui tourne également, mais moins rapidement que le cylindre.

Par une ouverture visible dans la figure 57, le moût coule directement de la cuve-matière ou est refoulé à l'aide d'une pompe dans

le tamis extérieur. Les particules fines ou liquides du moût traversent immédiatement le tamis, et du bassin collecteur établi au-dessous de ce dernier elles s'écoulent, suivant la position de l'appareil, dans le réfrigérant ou directement dans la cuve de fermentation, si le moût a été déjà refroidi. Les particules grossières et tout ce qui n'a pas passé immédiatement à travers le tambour glissent sur la surface interne du tamis spiraliforme et, tout en se dépouillant le plus possible du liquide qui y adhère encore, la masse arrive peu à peu dans le milieu du tambour, pour tomber finalement à l'état pâteux dans une ouverture que porte le cylindre compresseur occupant le milieu du disque. Là, ces résidus sont saisis par l'hélice qui se trouve dans le cylindre, puis ils sont refoulés en avant dans ce cylindre également perforé comme un tamis et ainsi complètement débarrassés du liquide qu'ils retenaient encore.

Les drèches et autres matières étrangères, dépouillées de cette manière de toutes les particules de moût adhérentes, s'échappent par l'orifice de sortie du cylindre compresseur sous forme de rubans assez secs et très cohérents.

Les fibres et les germes qui, lors de la rotation du tambour, ont pu rester adhérents à la surface interne de ce dernier, sont continuellement enlevés par un racloir adapté à l'intérieur du tambour ; de même, les surfaces externes sont maintenues propres au moyen d'une brosse métallique fixe.

Cet appareil, qui donne d'excellents résultats, n'exige que peu de place pour son installation, puisqu'un espace de 1,75 m. de longueur, 1,60 m. de hauteur et 1,50 de largeur est tout à fait suffisant.

Tandis que les dépeleurs de Müller et de Hentschel qui viennent d'être décrits débarrassent complètement les moûts des drèches et autres corps étrangers et sont établis séparément du macérateur, la fabrique de Kletsch, de Dresde, construit le dépeleur de Hampel, qui est monté dans le macérateur lui-même.

Cet appareil (fig. 59) se compose essentiellement d'un cylindre perforé comme un tamis, muni d'un agitateur héliçoïdal ; ce dernier plonge dans le moût, de façon que sans pompe celui-ci passe à plusieurs reprises à travers le tamis et pendant le dépelage reste

dans la cuve, tandis que les drèches sont montées par l'agitateur et poussées dans une ouverture, par laquelle elles tombent dans une gouttière, qui les conduit au dehors.

Ce dépeleur d'HAMPEL a été adopté dans un grand nombre de distilleries, grâce à certains avantages extérieurs qu'il présente. Comme il peut être établi dans la cuve-matière, il ne prend aucune

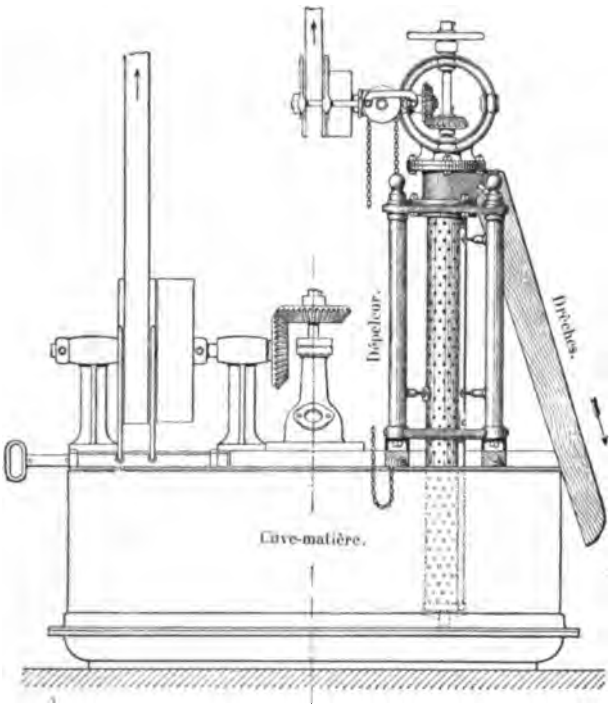


Fig. 59. — Dépeleur de Hampel.

place dans la distillerie; de plus, il travaille sans conduite de moût particulière et sans pompe et il est supporté par quatre colonnes; son nettoyage est facile et il peut être facilement installé partout. Toutefois, si avec ce dispositif les drèches qui ont été saisies par l'agitateur héliçoïdal sont bien éliminées du moût, le moût dépelé retourne par contre dans la cuve-matière, se mêle avec le moût chargé de drèche qui s'y trouve encore et revient dans l'agitateur. Il résulte de là qu'on n'obtient que peu à peu, après un long travail, un dépelage complet du moût, qui est effectué tout d'un coup par les deux appareils précédemment décrits.

L'appareil de ce genre le plus récent est construit par la Société Hintz et Gœbel, de Falkenburg, en Poméranie.

Il est représenté par la figure 60. Il est placé entre la cuve-matière ou le réfrigérant d'une part et la cuve à fermentation d'autre part, de façon que tout le moût soit forcé de traverser le dépeleur. Un dépelage complet est ainsi obtenu.

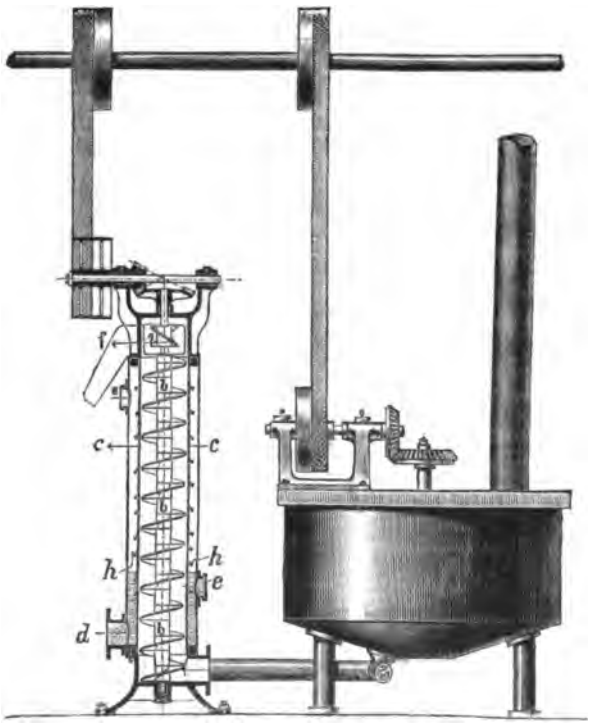


Fig. 60. — Dépeleur de Hintz et Gœbel.

Il a lieu de la manière suivante :

Le moût sortant de la cuve-matière ou du réfrigérant entre dans le dépeleur par l'ouverture qui se trouve à sa partie inférieure ; il est ensuite élevé à l'aide de l'hélice *b* et il s'écoule en partie de lui-même par les trous de l'enveloppe *c*, l'autre partie étant exprimée par l'hélice *b* et s'écoulant aussi par les mêmes trous ; il se rassemble ensuite dans l'espace creux *h*, qui se trouve entre l'enveloppe *c* et le cylindre extérieur et il arrive par l'ouverture *d* dans le tuyau qui l'amène à la cuve de fermentation ou dans le tuyau

d'aspiration de la pompe à moût sucré, qui le refoule ensuite dans la cuve de fermentation.

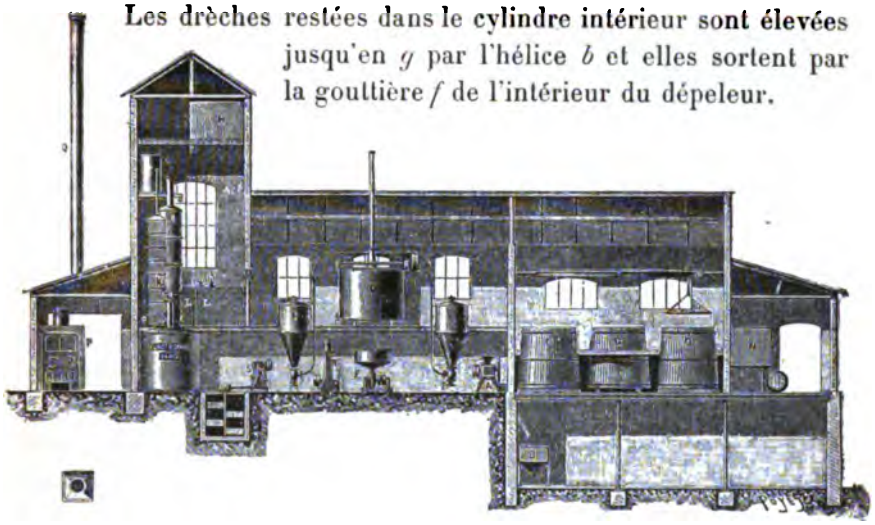


Fig. 61. — Vue d'ensemble d'une distillerie de grains travaillant par le malt; élévation.

[Les figures 61 et 62 représentent, la première en coupe verticale, la seconde en plan, une distillerie de grains de moyenne

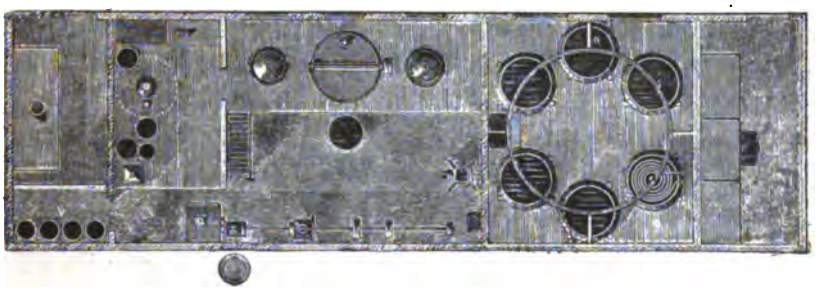


Fig. 62. — Vue d'ensemble d'une distillerie de grains travaillant par le malt; plan.

importance, travaillant par le malt et établie d'après les indications d'Egrot et Grangé. En voici la légende :

A, moulin à malt; B, cuve de mouillage; C, malterie; D, macérateur; E, E, cuiseurs; F, entonnoir à malt; G, G, cuves de fermentation; H, réservoir à eau; K, colonne à distiller; L, réservoirs à flegmes; M, appareil a rectifier; N, réservoir à alcool; P, générateur; R, moteur; S, pompes à moût et à eau; V, cuves à levain.]

SACCHARIFICATION DES GRAINS PAR LES ACIDES

[La saccharification des grains par les acides, qui est basée sur la transformation de l'amidon en sucre (dextrose) par ébullition avec des acides dilués (acide sulfurique ou chlorhydrique) [1], n'est plus actuellement que peu usitée, parce que, les résidus qu'elle donne ne pouvant être utilisés qu'indirectement (procédé sous pression) ou même pas du tout (procédé à l'air libre) pour la nourriture du bétail, les frais de fabrication sont insuffisamment couverts par la vente de l'alcool. En Allemagne, où la distillerie joue un si grand rôle en agriculture, ce procédé n'est plus du tout pratiqué et en France on tend de plus en plus à l'abandonner. Malgré cela, nous croyons utile d'en donner ici une courte description.

La saccharification par les acides peut être effectuée à l'air libre, c'est-à-dire par chauffage en vases ouverts ou en vases clos sous pression.

Saccharification à l'air libre. — Le grain réduit en farine est d'abord délayé en une bouillie épaisse et la masse, brassée de temps en temps, est abandonnée à elle-même pendant quelques heures. L'acide étendu d'eau est, au moyen d'un tuyau de vapeur, porté à l'ébullition dans une grande cuve en bois, munie d'un agitateur ; on emploie environ 1,250 kg. d'acide sulfurique ou 2,500 kg. d'acide chlorhydrique par hectolitre de capacité de cuve, capacité qui doit recevoir de 20 à 25 kg. du grain à saccharifier et la quantité d'eau nécessaire pour compléter ce volume. Dans le liquide acide bouillant, on verse ensuite peu à peu, par petites portions, le grain moulu, préparé comme il vient d'être dit. Si, pendant ce temps, le liquide se maintient bouillant, on ne voit pas d'empois se former ; si, au contraire, il cesse de bouillir, il s'épaissit par suite de production d'empois, mais au bout de quelques instants la masse redevient fluide ; on ajoute alors une nouvelle quantité de grains, et lorsque le liquide a reçu la dernière portion, on maintient l'ébullition jusqu'à ce que l'amidon soit transformé en sucre aussi complètement que possible ; on atteint ce point

[1] Voyez p. 33.

en huit à douze heures et d'autant plus rapidement que l'on a employé plus d'acide.

Pour s'assurer si la transformation de l'amidon en sucre est complète, on filtre une certaine quantité de moût étendu de son volume d'eau, puis on ajoute au liquide filtré trois fois son volume d'alcool concentré ; tant qu'il se forme dans le mélange un précipité blanc nuageux (de dextrine, insoluble dans l'alcool), la saccharification est incomplète. Dès que le mélange reste limpide ou ne présente qu'un très léger trouble, l'opération est terminée. On arrête alors la vapeur et on procède à la saturation de l'excès d'acide contenu dans le moût au moyen de craie pulvérisée et tamisée.

Le moût neutralisé peut maintenant être refroidi et mis immédiatement en fermentation. Pour que celle-ci marche avec une rapidité suffisante, il faut que le liquide, après la mise en levure, offre une réaction légèrement acide. C'est pour cela qu'avant de le faire fermenter on le mélange avec un peu de vinasse acide, ou qu'on ajoute un peu d'acide sulfurique, si l'acide en excès avait été complètement neutralisé par la craie.

Le procédé de saccharification à l'air libre, bien que très simple, a l'inconvénient d'exiger une grande dépense d'acide, et aussi de vapeur, à cause de la longue ébullition qu'il nécessite. Avec le procédé sous pression, on arrive au même résultat beaucoup plus vite et plus économiquement.

Saccharification sous pression. — La saccharification sous pression est pratiquée dans des autoclaves du genre de celui qui est représenté par la figure 63.

Cet appareil consiste en un cylindre en cuivre A, de 15 htl. de capacité, avec faux fond perforé, pouvant résister à une pression de 5 kg par centimètre carré ; il est muni de deux trous d'homme, dont le supérieur B, pratiqué sur le couvercle, sert pour charger le grain et dont l'inférieur C, établi un peu au-dessus du double fond, sert pour évacuer le résidu ; d'une éprouvette G, permettant de suivre le travail par la prise d'un échantillon aux différentes phases de l'opération ; d'un manomètre K, d'une soupape de sûreté I, et enfin, de cinq tuyaux à robinet ; le premier D sert pour l'introduction

de l'eau acidulée et le second H pour l'expulsion de l'air contenu dans le cylindre, tandis que le troisième L et le quatrième L′ sont destinés à l'introduction de la vapeur; le cinquième E est un tuyau de vidange, qui s'élève au-dessus de l'appareil et vient déboucher dans une cuve placée à une certaine hauteur et où est refoulé le produit de la saccharification.

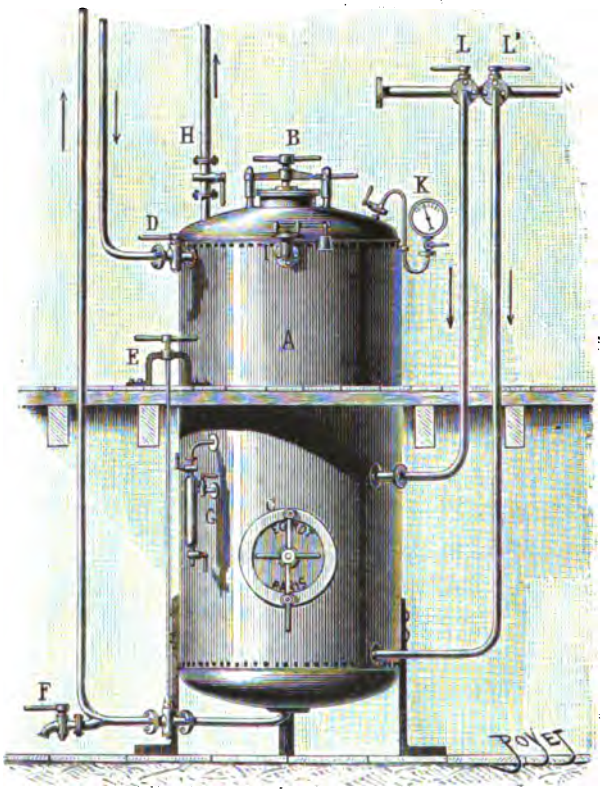


Fig. 63. — Appareil pour la saccharification par les acides sous pression.

Voici maintenant comment l'opération est conduite : On introduit d'abord dans l'appareil 6 htl. d'eau acidulée contenant par hectolitre 2,5 kg. d'acide chlorhydrique, et en même temps on ouvre le robinet du tube de vapeur L′. Dès que les deux tiers de l'eau sont entrés, on charge, par le trou d'homme B, 360 kg. de grains concassés et, après avoir fermé B, on ouvre le robinet du tube à air H, jusqu'à ce qu'il ne passe plus que de la vapeur. On

ferme alors ce robinet, et le manomètre ne tarde pas à monter. Quand il marque 2,5 kg. (seigle et blé) ou 3 kg. (maïs), on supprime l'entrée de la vapeur. Lorsque le manomètre descend vers 2 ou 2,5 kg., il faut rouvrir l'accès de la vapeur pendant quelques secondes, afin de rétablir la pression normale de 2,5 ou 3 kg. Après cinquante minutes de chauffage (à partir du moment où l'on a fermé le trou d'homme), on ouvre le robinet du tuyau de vidange à l'aide de E et l'appareil, devenant alors un véritable monte-jus, toute la masse liquide est refoulée par le tuyau dans la cuve qui se trouve au-dessus de l'appareil, tandis que le grain est retenu par le faux fond. La vidange exigeant quatre minutes et le chargement onze, la durée totale de l'opération est donc, en ajoutant les cinquante minutes de saccharification, de soixante-cinq minutes, qui est un temps relativement très court.

L'excès d'acide contenu dans le moût ainsi obtenu est ensuite neutralisé, comme on l'a dit plus haut, et le liquide refroidi est mis en fermentation.

L'appareil construit par Warein et Defrance pour la cuisson des grains et leur saccharification au moyen des acides est représenté par la figure 64. Il consiste, comme on le voit, en un cylindre horizontal en cuivre, muni intérieurement d'un agitateur. On procède avec cet appareil, appelé par ses inventeurs *cuiseur-saccharificateur*, de la manière suivante :

On commence par y verser de l'eau chaude environ jusqu'à l'axe de l'agitateur, puis on met celui-ci en mouvement et on charge le grain à saccharifier (1 000 ou 2 000 kg., suivant la grandeur de l'appareil). On laisse alors pénétrer la vapeur par le tuyau D et les petites tubulures dont il est muni et on cuit pendant une demi-heure, en laissant ouvert le robinet d'échappement de l'air, puis on ferme ce dernier et on monte la pression à 2 kg., 2,5 kg. et enfin à 3 kg. Au bout de trois heures, la matière amylacée est complètement liquéfiée. A ce moment, on laisse baisser un peu la pression et on introduit 4 à 5 p. 100 d'acide chlorhydrique au moyen du petit ballon en bronze A, qu'on a préalablement rempli de la dose d'acide nécessaire. Lorsque ce dernier est introduit, on remonte la pression à 3 kg. et au bout de vingt minutes tout l'amidon est transformé en glucose. Pendant la cuisson, la masse

est aspirée par B′ dans un dépeleur et ensuite refoulée dans le cui-

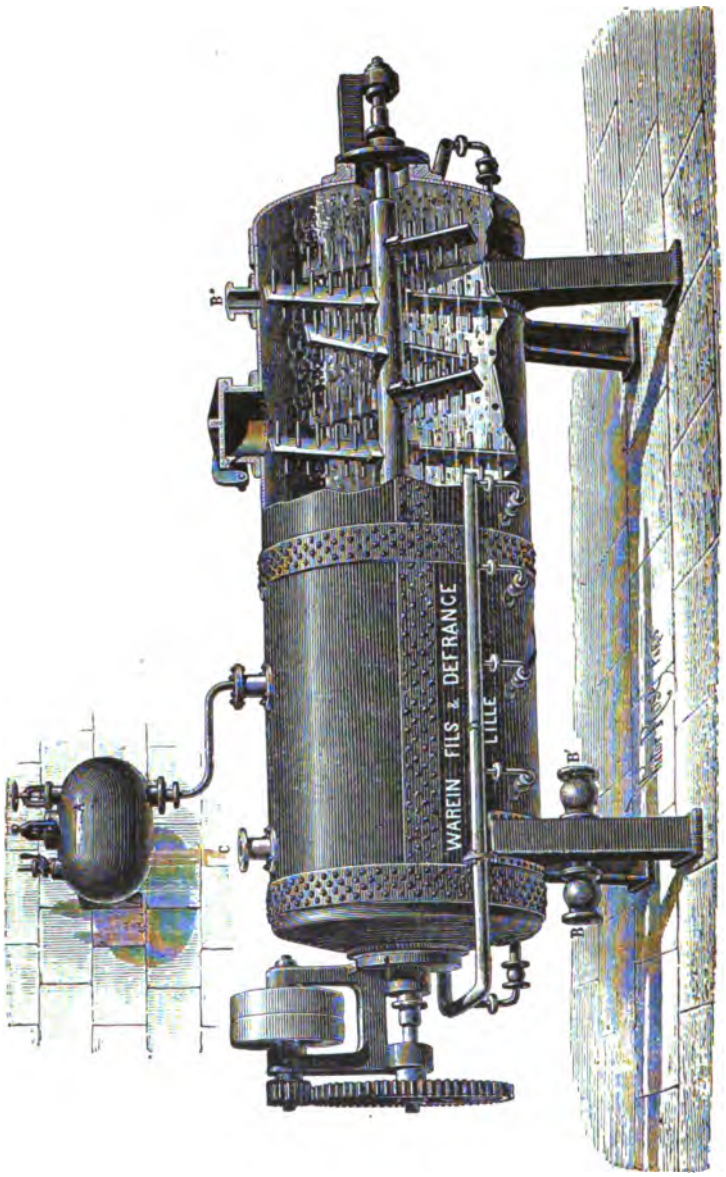


Fig. 64. — Cuiseur-saccharificateur de Warein et Defrance.

seur par la tubulure B″ ; cette circulation du moût active la transformation de l'amidon en empois et sa saccharification. Celle-ci étant achevée, la masse est refoulée par B dans les cuves des-

tinées à la recevoir. C est une tubulure, dans laquelle on fixe un robinet d'air et un manomètre.]

B. — PRÉPARATION DU MOUT AVEC LES MATIÈRES SUCRÉES

(BETTERAVES, TOPINAMBOURS, MÉLASSES)

I. — Traitement des betteraves.

[Le sucre se trouvant tout formé dans la betterave, la préparation du moût sucré avec cette matière est incomparablement plus simple qu'avec les substances amylacées, puisque, dans ce cas, les opérations qu'entraîne la saccharification se trouvent supprimées. Le sucre contenu dans la betterave est, comme nous l'avons vu précédemment (p. 34), le sucre de canne ou saccharose ($C^{12}H^{22}O^{11}$), sucre qui, avant de fermenter, doit être transformé en sucre interverti (mélange de glucose et de lévulose). Mais comme la levure jouit de la propriété de produire cette inversion en même temps que la fermentation du sucre ainsi transformé, il n'est pas nécessaire d'intervertir la solution sucrée, le jus de la betterave, avant la fermentation.

La préparation du moût sucré avec les betteraves comprend les opérations suivantes :

1° Le lavage des betteraves ;

2° Leur transformation en pulpe par râpage ou en cossettes par découpage, suivant le procédé employé pour l'extraction du jus ;

3° L'extraction du jus par les presses continues, par macération ou par diffusion.

a. Lavage des betteraves.

Les betteraves doivent être lavées avec le plus grand soin, afin de les dépouiller de la terre et des pierres qui y sont adhérentes et ménager ainsi les dents de la râpe qui doit les réduire en pulpe ou les lames des coupe-racines, qui doivent les convertir en cossettes.

Les appareils employés dans les distilleries pour le lavage des betteraves sont les mêmes que ceux dont on se sert dans les

sucreries. Un laveur à betteraves consiste, par exemple, en une grande caisse en tôle forte, divisée par une cloison transversale en deux compartiments inégaux, dont l'un, le plus petit, est l'épierreur et l'autre le laveur proprement dit ; ce dernier est muni d'un double fond perforé. La caisse est traversée dans toute sa longueur par un arbre ou axe en fonte, qui reçoit son mouvement à l'aide d'une poulie et d'une courroie sans fin. La portion de l'arbre qui se trouve dans le laveur est munie de bras en bois, disposés en spirale, tandis que la partie correspondant à l'épierreur porte des bras en fonte placés en croix. Un tuyau amène dans l'appareil l'eau nécessaire pour le lavage des racines. Celles-ci sont continuellement jetées dans le laveur (soit à la main, soit à l'aide d'une chaîne à godets) ; sous l'influence du mouvement de rotation de l'arbre et de ses bras, les betteraves se meuvent dans l'eau en décrivant une spirale autour de l'axe et sont ainsi finalement amenées vers le bord supérieur de l'épierreur, où elles tombent de leur propre poids. Dans cette partie de l'appareil, les betteraves sont saisies par les bras en fonte de l'arbre et projetées sur un plan incliné qui les conduit à la râpe ou au coupe-racines, tandis que les pierres, plus lourdes que les betteraves, roulent et tombent au fond de la caisse, d'où elles sont retirées de temps en temps.

b. Extraction du jus des betteraves par râpage et expression de la pulpe.

Pour extraire le jus des betteraves à l'aide de presses, il faut d'abord transformer les racines lavées en une pulpe aussi fine que possible, à l'aide d'une râpe qui, dans les distilleries, offre la même disposition que celle dont se servent les fabriques de sucre pour l'extraction du jus à l'aide du procédé en question.

Une *râpe à betteraves* se compose ordinairement d'un tambour ou cylindre, dont la périphérie est armée de lames de fer dentées en scie, entre lesquelles sont intercalés des morceaux de bois ayant la même hauteur que les lames, moins les dents, et destinés à maintenir les lames immobiles. Le tambour est traversé par un axe, à l'aide duquel on lui communique un mouvement de rotation rapide. Les betteraves venant du laveur tombent dans une

trémie, et là elles sont pressées contre les dents de la râpe au moyen de poussoirs mécaniques ; la pulpe produite est reçue dans une gouttière en cuivre, de laquelle elle tombe dans un bac, d'où elle est reprise par une pompe, qui la refoule vers les presses. Les lames à dents de scie des râpes sont quelquefois remplacées par des lames ondulées système WACKERNIE, qui, au lieu de donner une pulpe irrégulière, produisent des rubans d'une longueur indéterminée et d'une très grande finesse, dont la texture est plus favorable pour la pression. On se sert aussi quelquefois de la râpe centrifuge CHAMPONNOIS.

Il y aurait évidemment avantage à extraire des betteraves un jus naturel, non dilué par addition d'eau lors du râpage ; mais il ne peut en être ainsi, parce que le rendement en serait trop faible et que les pompes à pulpe ne pourraient pas fonctionner convenablement. Il faut donc faire couler un peu d'eau sur la râpe pour qu'à l'aide des presses on puisse extraire le jus de la pulpe aussi facilement et aussi complètement que possible. Dans les distilleries on emploie de préférence, au lieu d'eau, de la vinasse, ainsi que du jus faible de seconde pression. L'addition d'acide sulfurique, qui est indispensable pour la régularité de la fermentation ultérieure et aussi pour empêcher l'altération du jus au contact de l'air, doit également être effectuée à la râpe. Voici du reste, d'après FRITSCH et GUILLEMIN, comment doivent être faites pratiquement la dilution et l'acidulation de la pulpe.

L'eau acidulée, ajoutée lors du râpage (40 à 60 p. 100 du poids des betteraves), est versée en un léger filet, non sur la râpe elle-même, afin de ne pas en altérer les lames, mais sous le tambour au moment où la pulpe arrive dans la gouttière en cuivre, par laquelle elle est conduite dans le bac dont il a été question précédemment ; ce bac doit être muni d'un agitateur, destiné à brasser la pulpe, pour en rendre la masse homogène et y répartir exactement l'eau acidulée. Comme la pulpe séjourne un certain temps dans le bac, il s'y produit une diffusion partielle et l'eau acidulée, ajoutée à la pulpe, affaiblit la richesse du jus et par suite aussi diminue la perte occasionnée par la proportion de jus qui restera dans le résidu des presses ; en outre, les cellules non déchirées, dans lesquelles se trouve un jus pur et riche, étant baignées dans

un liquide plus pauvre, il s'établit un courant osmotique du jus des cellules vers le liquide extérieur, et entre le jus et ce dernier il finit par s'établir un équilibre plus ou moins complet de richesse saccharine.

La pulpe qui a ainsi subi un commencement de diffusion est soumise à une première pression, puis elle est reprise et délayée avec environ deux fois son poids d'eau chaude acidulée ou de vinasse. Au contact de ce liquide, la diffusion se complète et on presse une seconde fois la pulpe ; le jus provenant de cette seconde pression, pauvre en sucre et de faible densité, est envoyé sous la râpe et constitue l'apport d'eau acidulée nécessaire pour l'opération du râpage et la première macération dans le bac à pulpe. De cette façon, le jus provenant de la première pression est seul mis en fermentation ; on obtient ainsi un résultat satisfaisant, sans par trop affaiblir la richesse du jus par deux additions successives d'eau, et au lieu de perdre dans la pulpe le cinquième ou le sixième du sucre de la betterave, on n'en perd tout au plus qu'un douzième.

Les quantités d'eau ou de vinasse à employer dépendent de la teneur en sucre de la betterave et de l'épuisement auquel on désire arriver finalement. La proportion d'acide dépend à son tour du degré d'acidité que doit avoir le jus pour la fermentation, lequel doit généralement être égal à 2,40-2,50 gr. par litre, calculé en acide sulfurique monohydraté (H^2SO^4).

Il faudrait donc se baser sur ces chiffres pour calculer la quantité d'acide à ajouter à la pulpe ; mais, comme le fait remarquer Briem [1], il faut aussi connaître les conditions qui peuvent se présenter et qui sont de nature à modifier les proportions d'acide à employer. Ces conditions sont : 1° la quantité du jus des betteraves travaillées ; 2° la diversité de composition des betteraves elles-mêmes, qui peut provenir de la nature des terres ; 3° la quantité et la qualité des engrais employés ; 4° les conditions climatériques dans lesquelles la betterave s'est développée et son degré de maturité, ainsi que son degré de conservation ou d'altération partielle ; 5° les soins apportés au lavage ; 6° la température du

[1] *Die Rübenbrennerei*, p. 52.

jus ; 7° la quantité de jus obtenu par 100 kg. de betteraves ; 8° la quantité et le degré d'acidité des vinasses employées, si on opère à la vinasse.

D'après cela, il n'est pas étonnant, ajoute Briem, qu'il ait été donné sur ce point des indications différentes. Ainsi Dubrunfaut prescrit une quantité d'acide égale à 2 p. 100 du poids du sucre contenu dans les betteraves. Champonnois indique 2 kg. d'acide sulfurique dilué dans 30 litres de jus faible pour 1000 kg. de betteraves. Leplay prend 1/2 à 1 kg. d'acide par 500 kg. de betteraves; Stammer 1,5 kg. d'acide par 1 000 kg. de racines, etc.

Les presses hydrauliques, autrefois exclusivement en usage pour l'extraction du jus de la pulpe, ont été remplacées, il y a déjà longtemps, par les *presses continues*, dont il existe de nombreux systèmes. Ces appareils étant identiques à ceux dont on se sert pour le même objet dans les sucreries, nous renverrons pour le détail de leur construction aux ouvrages traitant de la fabrication du sucre. Nous dirons seulement que, du bac où elle tombe en sortant de la râpe, la pulpe est aspirée à l'aide d'une pompe spéciale et ensuite refoulée par celle-ci dans une première presse. Le jus résultant de la pression est envoyé aux cuves de fermentation et la pulpe pressée est, après macération avec de l'eau chaude ou de la vinasse, soumise à l'action d'une seconde presse et le nouveau jus ainsi obtenu est, comme on l'a dit précédemment (p. 200) envoyé sous la râpe. Si l'opération a été bien conduite, la pulpe sortant de la seconde presse ne doit pas retenir plus de 2,5 à 3 p. 100 de sucre ; cette pulpe est employée pour la nourriture du bétail.

Le jus fourni par les presses continues contenant toujours en suspension une certaine quantité de pulpe, dite *pulpe folle*, il est nécessaire de le tamiser avant de l'envoyer à la fermentation.

L'extraction du jus par râpage et expression de la pulpe est actuellement beaucoup moins employée qu'autrefois, aussi bien en sucrerie qu'en distillerie ; dans ces deux industries on l'a aujourd'hui presque partout remplacée par la macération ou la diffusion, procédés qui permettent une extraction plus complète du sucre de la betterave.

c. Extraction du jus des betteraves par découpage en cossettes et macération ou diffusion.

Pour extraire le jus des betteraves par macération ou diffusion, les racines n'ont pas besoin d'être réduites en pulpe, comme cela est nécessaire pour l'extraction du jus à l'aide de presses ; il suffit de les découper en lamelles minces ou cossettes, opération qui exige une dépense de force beaucoup moins grande que le râpage.

L'extraction du jus des cossettes de betteraves par macération ou diffusion est basée sur les principes suivants : Si l'on met les cossettes en contact avec de l'eau, leur jus ne reste pas inaltéré dans les cellules ; il vient, par suite de phénomènes osmotiques, qui se passent à travers les parois des cellules, se mélanger avec l'eau, et alors il se produit une solution sucrée avec une teneur saccharine moyenne, et cela aussi bien dans les cellules qu'en dehors de celles-ci. Dans une solution de sucre dont la richesse saccharine est moindre que celle du jus des betteraves, les cossettes se comportent de la même manière que dans l'eau ; il se produit un équilibre dans la teneur en sucre.

Si, par exemple, on verse sur 100 kg. de cossettes de betteraves, dont le jus contient 12 p. 100 de sucre, 100 kg. d'eau, et si on laisse celle-ci pendant longtemps en contact avec les cossettes, elle se transforme en jus (en solution de sucre) à 6 p. 100 de sucre et dans les cossettes la richesse du jus en sucre devient aussi égale à 6 p. 100 : $\frac{12 + 0}{2} = 6$. Si l'on décante les 100 kg. de liquide sucré à 6 p. 100 et si on les verse sur 100 kg. de cossettes fraîches, il se produit au bout de quelque temps une solution de sucre à 9 p. 100, car $\frac{6 + 12}{2} = 9$. Si à son tour on décante le liquide à 9 p. 100 et si on le verse sur 100 autres kilogrammes de cossettes fraîches, il en résulte 100 kg. d'un liquide sucré à 10,5 p. 100 de sucre, car $\frac{9 + 12}{2} = 10{,}5$. Si l'on verse encore les 100 kg. du liquide à 10,5 p. 100 sur une nouvelle quantité de 100 kg. de cossettes fraîches, on obtiendra une solution de sucre à 11,25 p. 100[1].

Cette dernière teneur en sucre se rapproche déjà beaucoup,

[1] [On suppose, dans cet exemple, que 100 kg. de betteraves sont égaux à 100 kg. de jus, bien que, comme on le sait, celles-ci ne renferment que 96 p. 100 du jus.]

comme on le voit, de la richesse saccharine du jus des betteraves, et on pourrait la porter à 11,6 p. 100 en versant encore le liquide sur de nouvelles cossettes fraîches. Des 12 p. 100 du sucre des betteraves, on fait donc passer dans le jus de macération 11,25 p. 100, par conséquent beaucoup plus qu'on en extrait par les presses.

Revenons maintenant aux premières cossettes macérées avec de l'eau pure, dont la teneur en sucre de leur jus est devenue égale à 6 p. 100. Si on verse de nouveau sur ces cossettes 100 kg. d'eau, la teneur en sucre de leur jus se réduit naturellement à 3 p. 100. Si l'on décante la solution de sucre à 3 p. 100 et si l'on verse pour la troisième fois sur les cossettes 100 kg. d'eau, la teneur en sucre est abaissée à 1,5 p. 100 et si l'on verse une quatrième fois 100 kg. d'eau, après décantation du jus à 1,5 p. 100, les cossettes sont épuisées jusqu'à 0, 75 p. 100 de leur teneur en sucre.

On se sert pour l'extraction de jus des betteraves par macération ou diffusion d'*eau chaude* ou, comme l'a indiqué Champonnois, de la *vinasse* sortant des appareils distillatoires.

L'emploi de la vinasse offre plusieurs avantages. D'abord on économise du combustible parce que la vinasse sortant chaude de ces appareils, on n'a pas besoin de la chauffer, ce que l'on est obligé de faire pour l'eau. Ensuite, on conserve aux cossettes destinées à l'alimentation du bétail les principes nutritifs qu'elles contiennent; leurs divers éléments, excepté ceux qui se trouvent dans les cellules déchirées, ne peuvent, en effet, se répandre au dehors que par diffusion à travers les parois des cellules; mais ce phénomène ne peut se produire pour certaines substances, lorsque les cellules sont baignées dans un liquide renfermant ces éléments dans les mêmes proportions, et c'est précisément ce qui arrive pour la vinasse qui est riche en matières minérales et azotées, de sorte que les cossettes ne peuvent lui céder qu'une petite quantité de substances nutritives. Enfin, comme nous le verrons plus loin, la consommation d'acide pour l'acidification du liquide extracteur est notablement diminuée par l'emploi des vinasses.

Le découpage des betteraves en cossettes est effectué à l'aide des mêmes instruments ou coupe-racines que ceux dont on se sert dans les sucreries. Il est absolument nécessaire que la betterave ait été lavée avec le plus grand soin, afin de la débarrasser complètement

de la terre, des graviers, etc., et cela pour deux raisons : d'abord pour ne pas endommager les couteaux, qui doivent toujours donner des cossettes parfaitement égales, et ensuite pour qu'une partie de l'acide sulfurique ajouté ne soit pas neutralisée par des matières terreuses et ainsi rendu inefficace.

Les couteaux des coupe-racines doivent être des *couteaux à faîtières*, produisant des cossettes ayant une section ressemblant à un V. Comme le degré d'épuisement des betteraves dépend surtout de la forme et de la régularité des cossettes, il est très important que le coupe-racines offre une construction aussi parfaite que possible et qu'il soit entretenu avec le plus grand soin. Dès que les couteaux sont émoussés et que, par suite, les cossettes ne sont plus nettement coupées, il faut changer les lames détériorées. D'après L. Lévy[1], on peut se rendre compte, de la manière suivante, de la régularité du fonctionnement du coupe-racines :

On prélève tous les quarts d'heure une poignée de cossettes sortant du coupe-racines et non encore acidifiées. On fait un échantillon moyen comportant les prélèvements effectués pendant la taille des cossettes de une ou deux cuves de macération. On aligne bout à bout les cossettes recueillies, et on divise la ligne en segments égaux; on réunit en lots différents les cossettes de chacun d'eux et on les pèse; les poids doivent être les mêmes pour les différents lots. S'il y a des inégalités, elles correspondent à des irrégularités dans le service des couteaux, qui doivent alors être remplacés.

La figure 65 représente un coupe-racines centrifuge du système Stephen David. Cet appareil se compose d'un tambour B, qui est traversé verticalement par un arbre, sur lequel sont fixées des palettes P, appelées *pousseurs*. Ce tambour est percé d'une série de fenêtres, dans lesquelles sont posés les couteaux, qui peuvent être retirés et remis en place avec la plus grande facilité. Au-dessus du tambour B, une trémie C en forme de cloche présente deux ouvertures : l'une *c*, fermée à l'aide d'une porte, sert à vider le tambour lorsque c'est nécessaire, et l'autre *b* donne entrée aux betteraves. Les pousseurs rotatifs P, actionnés par l'arbre, entraî-

[1] *Comptes rendus du deuxième Congrès de Chimie appliquée*, t. I, p. 565.

nent les racines et les forcent à se couper contre le tranchant des couteaux, qui font légèrement saillie à l'intérieur.

Lorsque le laveur se trouve à côté du coupe-racines, les betteraves lavées sont chargées simplement dans la trémie de ce dernier; si au contraire le coupe-racines est établi à un niveau plus élevé, il est alimenté à l'aide d'un élévateur.

La figure 66 représente un coupe-racines mobile déversant directement les cossettes dans les macérateurs, l'appareil, lorsque l'un de

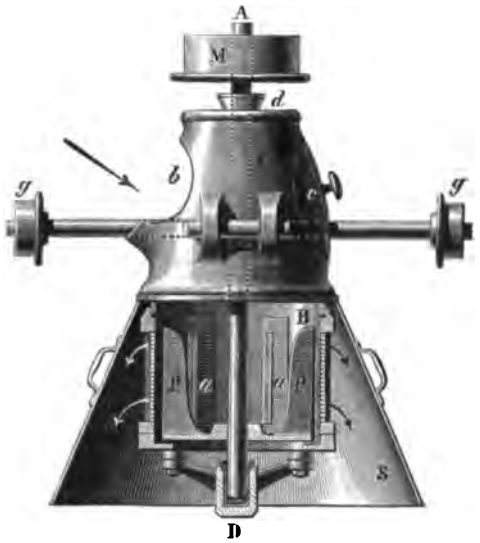


Fig. 65. — Coupe-racines de Stephen David.

ces vases est chargé, étant poussé au-dessus du suivant, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la batterie soit chargée. Les betteraves lavées sont déversées par l'élévateur *a* dans la trémie *b* terminée par une gouttière, de laquelle elles tombent dans le coupe-racines *c*. Ce dispositif, imaginé par Stephen David, est construit par Egrot et Grangé spécialement pour les distilleries agricoles.

Comme la pulpe qui doit être pressée, les cossettes destinées à la macération ou à la diffusion doivent aussi être acidifiées pour les raisons déjà indiquées précédemment (p. 199). C'est pour cela qu'on mélange ordinairement l'acide sulfurique à l'eau qui doit servir pour la macération ou la diffusion. L'eau acidulée est distribuée au moment même du découpage et du chargement des macérateurs,

à l'aide d'un tube en caoutchouc terminé par une pomme d'arrosoir et adapté au bac[1] renfermant le mélange d'eau et d'acide. Relativement à la quantité d'acide sulfurique à employer, nous renverrons à ce qui a été déjà dit à ce sujet à propos de l'extraction du jus par les presses (p. 200).

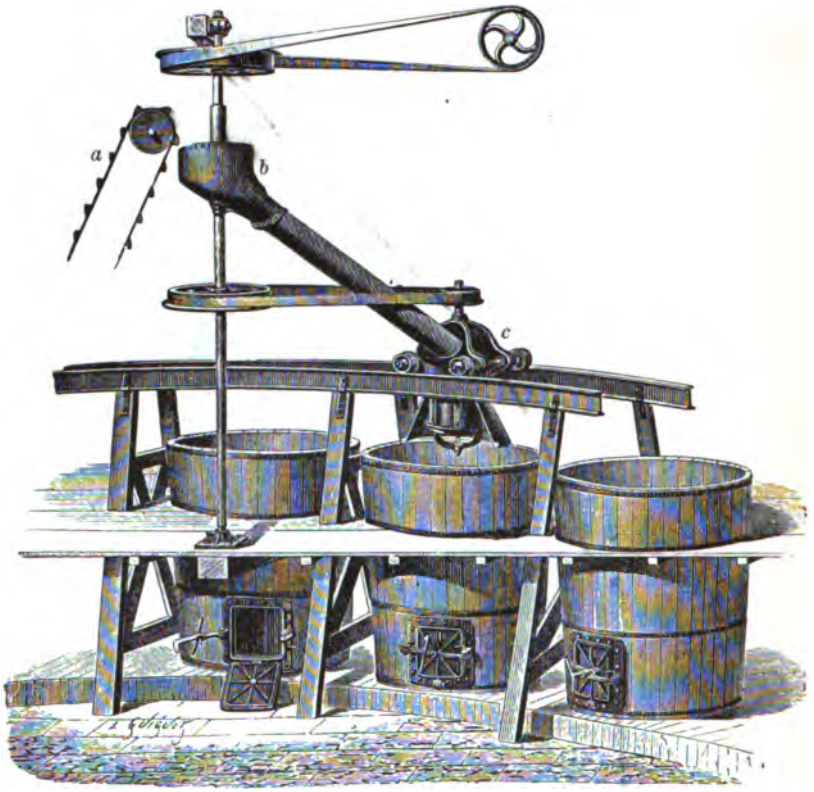


Fig. 66. — Batterie circulaire de macérateurs avec coupe-racines roulant de Stephen David.

Lorsque la macération a lieu à la vinasse, celle-ci ne doit être additionnée au moment de son emploi que d'une petite quantité d'acide sulfurique, parce qu'elle contient encore la presque totalité des acides du jus d'où elle provient. D'après cela, il suffit, dans le procédé à la vinasse, d'acidifier le liquide de macération des premières

[1] [Ce bac doit être placé à proximité des cuves; on doit toujours y tenir prêt à l'avance de l'eau acidulée, que l'on prépare en versant l'acide sulfurique dans l'eau et non celle-ci dans l'acide, afin d'éviter les accidents.]

opérations de la campagne, c'est-à-dire que les premiers jours, alors qu'on n'a pas encore de vinasse, on fait la première extraction avec de l'eau acidulée au degré convenable, et ultérieurement il ne reste plus qu'à maintenir ce degré à peu près constant.

L'acidité étant, d'après ce qui précède, due en partie à l'acide sulfurique ajouté à la macération, en partie à la vinasse, il faut faire en sorte de maintenir une certaine proportion entre les deux, et, d'après SIDERSKY, on est dans les meilleures conditions, lorsque la quantité d'acide sulfurique ajoutée à la macération, calculée en grammes par litre de jus soutiré, représente au moins les deux tiers de l'acidité moyenne de ce jus. SIDERSKY[1] s'exprime à ce sujet de la manière suivante :

Supposons, par exemple, que l'acidité moyenne du jus d'alimentation soit égale à 2,70 gr. par litre, exprimée en acide sulfurique monohydraté. Si d'autre part l'acide sulfurique ajouté à la macération, calculé en grammes par litre de jus soutiré, représente au moins 1,80 gr., on est dans de bonnes conditions pour la fermentation, sinon il faudrait chercher à rétablir la proportion soit par une petite addition d'acide sulfurique à la macération, soit en diluant un peu plus la vinasse ou en faisant un judicieux usage des deux moyens à la fois. Cette vérification est d'ailleurs très facile.

En effet, chaque distillateur connaît le volume de jus soutiré par macérateur, ainsi que le volume d'acide ajouté. Si l'acide est à 66° Baumé, c'est-à-dire à 100 p. 100, H^2SO^4, il suffit de multiplier par 1,842, densité de l'acide, le nombre de litres, afin de les convertir en kilogrammes et de les diviser par le volume de jus soutiré par macérateur. Si l'acide sulfurique n'est pas à 66° B., on cherche dans la table suivante, les chiffres indiquant le poids d'acide pur contenu dans l'acide dont on dispose, et on multiplie par ce chiffre le nombre de litres employés, afin d'avoir exactement le poids d'acide pur par macérateur :

Degrés Baumé.	Acide sulfurique pur (H^2SO^4) contenu dans un litre.
60	1,336 kg.
61	1,384 —

[1] Le contrôle chimique de la distillerie agricole, *Journal de la Distillerie française*, année 1898, p. 491.

Degrés Baumé.	Acide sulfurique pur (H_2SO_4) contenu dans un litre.
62	1,432 kg.
63	1,492 —
64	1,554 —
65	1,632 —
66	1,842 —

Pour connaître le volume exact du jus soutiré par macérateur, il convient de prendre comme base de calcul la moyenne hebdomadaire. En général, le jus soutiré est constant pour chaque usine, ayant une marche régulière. Si l'on emploie toujours la même quantité d'acide sulfurique, on fait une fois pour toutes le calcul précédent, de sorte qu'en déterminant l'acidité du jus, on verra immédiatement s'il y a la proportion normale.

Macération[1]. — D'après le procédé par macération, les cossettes sont lessivées dans des cuves en bois *ouvertes* ou *macérateurs*, de telle façon que l'eau d'extraction ou la vinasse chaude pénètre dans le premier macérateur, s'y charge du jus des cossettes, puis s'écoule par le faux fond perforé du vase, pour passer, refoulée par pression hydrostatique, dans un deuxième vase, et ainsi de suite, jusqu'à ce que finalement le jus soit écoulé du dernier macérateur de la série.

On désigne sous le nom de macérateurs des cuves en bois, ouvertes, cerclées de fer. Ces vases ont ordinairement 2,40 m. de hauteur et 1,30 m. de diamètre et ils sont munis d'un trou d'homme latéral, qui est fermé hermétiquement par une porte en fer badigeonnée de chaux et munie d'une garniture en caoutchouc, afin d'éviter les fuites. Les cuves communiquent entre elles au moyen de tubes, permettant au liquide de passer de l'une dans l'autre, et, ainsi reliées, elles constituent une batterie, où le travail a lieu d'une manière continue.

Les cuves, au nombre de trois ou quatre dans les petites distilleries et de cinq à sept dans les grandes, sont munies, à 10-15 cm. environ au-dessus de leur fond, d'un faux fond en tôle ab, $a'b'$, et $a''b''$ (fig. 67), qui est perforé de façon à laisser passer

[1] D'après Briem, *Die Rübenbrennerei*, p. 75 et suiv.

le jus, tout en retenant les cossettes. Lorsque les cuves sont chargées, on applique en cd, $c'd'$, $c''d''$ un couvercle en tôle perforée, que l'on fixe au moyen de crochets en fer; ce couvercle a pour but d'empêcher les cossettes de s'élever au-dessus des bords de la cuve et de répartir convenablement le liquide extracteur. Celui-ci (eau ou vinasse) arrive par le tuyau $m\,n$ et, à l'aide des robinets h, h' et h'', il peut être écoulé dans les macérateurs A, B et C. Voici maintenant comment l'opération est conduite :

Les cuves ayant été remplies de cossettes, par exemple, à l'aide

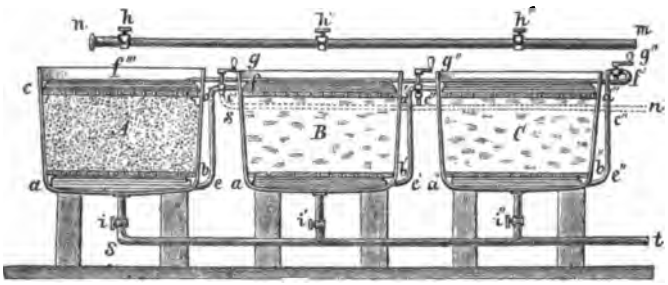


Fig. 67. — Batterie de macérateurs.

du dispositif décrit précédemment (p. 206), on fait couler par le robinet h dans le vase A de l'eau chaude ou de la vinasse sortant de la colonne distillatoire; lorsque la cuve est pleine, on ouvre le robinet g, et le liquide chargé d'une partie du sucre des cossettes passe par le tube ef, adapté au-dessous du faux fond ab, dans la partie supérieure du vase B, en se déversant sur son couvercle perforé $c'd'$; le liquide traverse les cossettes contenues dans ce dernier vase, où il dissout encore du sucre, et le robinet g' étant ouvert, il passe ensuite par le tube $e'f'$ du fond de B dans le troisième macérateur e. Pendant tout le temps que le liquide coule du robinet h dans A, la communication entre le fond du vase c et la partie supérieure de A est interrompue à l'aide du robinet g'', afin d'empêcher le liquide de passer par le tuyau pointillé.

Pendant ce temps, les cossettes sont désucrées dans la cuve A et celle-ci est vidée; dans ce but, on ferme le robinet g, afin d'interrompre la communication avec B, on ouvre ensuite le robinet i et

le liquide, encore un peu sucré et appelé *petit jus*, s'écoule par le tuyau *s t*, d'où il est envoyé dans un bac établi à un niveau plus élevé, pour être employé ultérieurement comme liquide extracteur. On enlève le couvercle *c d* de la cuve A et l'on vide les cossettes épuisées par le trou d'homme, après quoi on referme ce dernier, puis on charge de nouveau la cuve avec des cossettes fraîches et l'on remet en place le couvercle *c d*.

Pendant qu'on vide la première cuve A, on fait couler dans la cuve B, par le robinet *h'*, l'eau ou la vinasse chaude amenées par le tuyau *m n* ; le liquide traverse les cossettes et, ainsi déplacé, le jus sucré qui se trouve dans la cuve passe, au fur et à mesure de ce déplacement, l'orifice inférieur du robinet *g''* étant ouvert, dans un tube horizontal, qui le dirige dans un bac collecteur.

Le jus sucré étant écoulé, on supprime à l'aide de la clé *g''* la communication avec le bac collecteur et en même temps, au moyen du même robinet à trois voies, on fait communiquer le vase *c* et le vase A, à l'aide du tuyau *ff'*. On voit que ce vase A chargé de cossettes fraîches pour la seconde fois, au lieu d'occuper le premier rang, occupe le troisième ; car si l'on remplit la cuve B par le robinet *h'* avec de l'eau chaude (ou de la vinasse), le liquide déplacé par cette eau passe dans le vase *c*, déplace à son tour le jus qui se trouve dans ce dernier vase entre les cossettes, pour le refouler dans la cuve A, qui reçoit alors une nouvelle addition de vinasse; celle-ci en déplace le jus sucré, qui, le robinet *g* étant convenablement tourné, se rend dans B et de là dans le bac collecteur.

Le vase B qui a reçu une addition de vinasse en dernier lieu est alors isolé par la fermeture du robinet *g'*.

On fait écouler par le robinet *i'*, qui se trouve au-dessous du fond de la cuve B, le mélange de vinasse et de jus contenu dans ce vase ; le liquide pénètre dans le tuyau *s t*, d'où une pompe le refoule dans le réservoir à petit jus mentionné précédemment. Ce petit jus est de nouveau employé comme liquide extracteur, après avoir été chauffé.

On vide ensuite le vase B, comme il a été indiqué pour le vase A, et on le charge à nouveau de cossettes fraîches ; il devient maintenant le troisième dans la série ; quand le vase *c* aura reçu succes-

sivement les jus déplacés dans les autres cuves par trois additions successives de vinasse, la cuve B recevra les jus déplacés dans les vases C et A.

La macération est ainsi effectuée systématiquement; le jus le plus sucré, le plus concentré, revenant toujours sur des cossettes fraîches, le jus moins concentré sur des cossettes déjà partiellement désucrées, l'eau ou les vinasses chaudes sur les cossettes presque complètement épuisées. Dans la pratique, on se familiarise facilement avec cette série d'opérations. Le jus suffisamment concentré (6 à 8 degrés saccharométriques = 1,024 à 1,032 de densité, selon la qualité des betteraves) est envoyé à la fermentation après que l'on a contrôlé son degré d'acidité et qu'on rectifie, si c'est nécessaire.

Dans quelques fabriques, les vases de macération sont munis au-dessous de leur faux fond perforé, d'un tuyau ou mieux d'une spirale de vapeur.

La température du jus destiné à la fermentation doit s'élever à 25°, ce qu'il est facile d'obtenir si l'opération est bien conduite. S'il est plus chaud, il faut le refroidir ; si au contraire il est plus froid, il faut l'amener à la température de 25° au moyen du serpentin de vapeur qui se trouve dans le bac collecteur.

Afin d'éviter des pertes, il ne faut pas négliger de déterminer de temps en temps la teneur en sucre des cossettes retirées des macérateurs (voy. Chap. XI) ; si le travail est bien dirigé, les cossettes n'étant pas trop épaisses, celles-ci ne retiennent en général que 0,40 à 0,75 p. 100 de sucre. Les cossettes épuisées sont immédiatement employées pour la nourriture du bétail ou conservées dans des silos.

Nous avons indiqué précédemment (p. 203) les avantages que procure l'emploi de la vinasse chaude comme liquide extracteur. Relativement à ce procédé préconisé par Champonnois, nous ferons remarquer que le réservoir contenant les vinasses destinées à la macération doit être établi à un niveau plus élevé que les cuves de macération, afin qu'il puisse s'écouler naturellement dans celles-ci. Mais comme habituellement la sortie des vinasses de l'appareil distillatoire ne se fait pas à une hauteur suffisante, ces dernières doivent être reçues dans un bac, duquel on les refoule à l'aide

d'une pompe dans le réservoir qui leur est destiné. En outre, il convient de ne pas se servir pendant trop longtemps pour la macération de ces mêmes vinasses, parce que celles-ci finissent par se surcharger de sels et autres substances et que le retour de ces matières en quantités toujours croissantes peut être la cause de perturbations dans la fermentation du jus. Pour remédier à cet inconvénient, on mélange de temps en temps avec la vinasse une certaine quantité d'eau chaude, en laissant d'abord couler dans les macérateurs un tiers d'eau puis deux tiers de vinasse. Comme la vinasse doit toujours être chaude au moment de son emploi, on établit dans le réservoir qui la renferme un tuyau de vapeur, à l'aide duquel on peut, lorsque c'est nécessaire, l'amener à la température convenable (80 à 85°).

P. Barbier a apporté au procédé de macération à la vinasse quelques perfectionnements en vue de rendre son installation et son maniement plus faciles dans les distilleries agricoles. Nous allons indiquer brièvement, d'après J.-P. Roux, en quoi consistent ces perfectionnements.

Le *coupe-racines*, du bon fonctionnement duquel dépend le bon épuisement des cossettes, se compose, comme celui qui est employée en sucrerie, d'un plateau tournant horizontalement et pourvu de porte-couteaux mobiles munis de lames faitières ; la mobilité des couteaux rend plus facile le changement et l'entretien des lames. L'addition faite par P. Barbier à cet instrument consiste dans la disposition de cloisons héliçoïdales, placées dans la trémie, formant des espaces angulaires ; la betterave entraînée s'engage de plus en plus sans sauter, ni rouler, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement découpée ; quel que soit le nombre de racines dans l'appareil, la cossette est parfaitement longue et régulière, et il n'est plus nécessaire de marcher toujours à pleine charge. Un volet mobile, maintenu par un contrepoids, calculé de façon à résister à la poussée des betteraves est adapté à la dernière cloison héliçoïdale ; mais ce volet cède lorsque la pression vient à être augmentée par la présence d'un corps dur et constitue ainsi un épierreur, empêchant la détérioration des lames.

Les figures 68 et 69 représentent en élévation et en plan les appareils adoptés par P. Barbier.

Les macérateurs contenant 1 200 à 1 500 kg. de cossettes sont disposés en batterie circulaire ; ils sont en bois et fonte, ou mieux entièrement en fonte, et montés à une certaine hauteur pour faci-

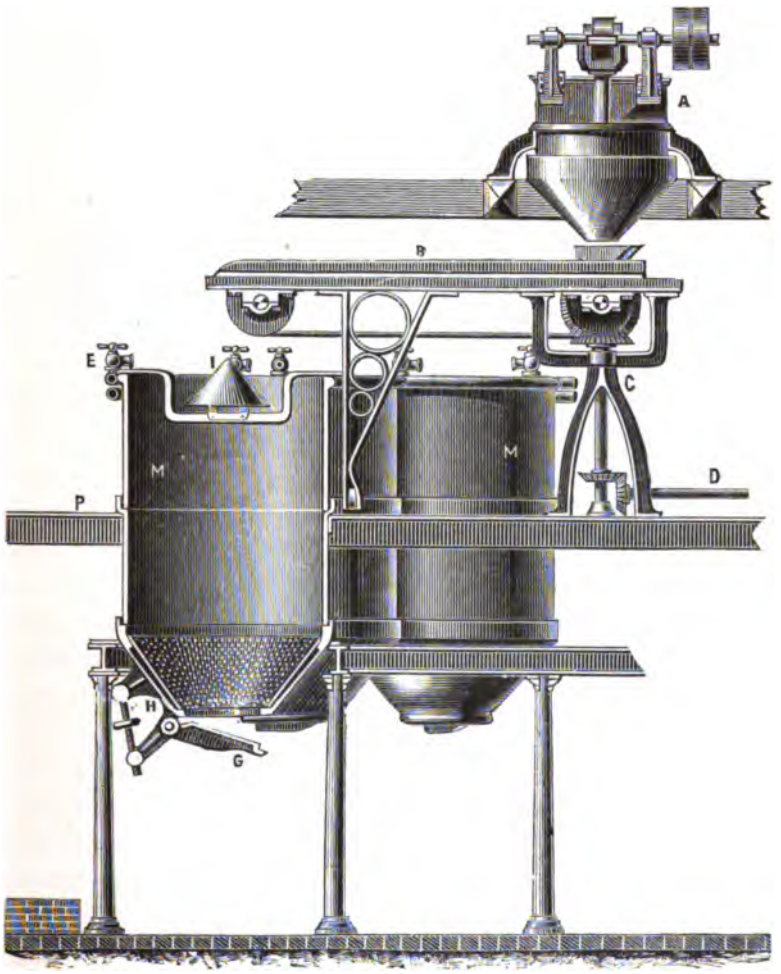


Fig. 68. — Batterie de macérateurs P. Barbier ; élévation.

liter la décharge des cossettes épuisées. Le fond des macérateurs, qui est en forme de tronc de cône et en fonte, est muni d'une ouverture, avec porte à joint de caoutchouc et à vis. La manœuvre de la porte se fait aisément par le volant H et la vidange s'opère d'un seul coup. La partie conique, qui forme le fond mobile du

macérateur, est garnie d'une tôle perforée permettant l'évacuation et la circulation du liquide.

Au-dessus des macérateurs, est placé le coupe-racines A, et au-dessous, entre cet appareil et les vases M, M, se trouve un transporteur horizontal B, qui distribue aux macérateurs les cossettes tombant du coupe-racines ; celles-ci sont réparties régulièrement au moyen du cône fixe I, afin d'éviter les tassements. Lorsqu'un

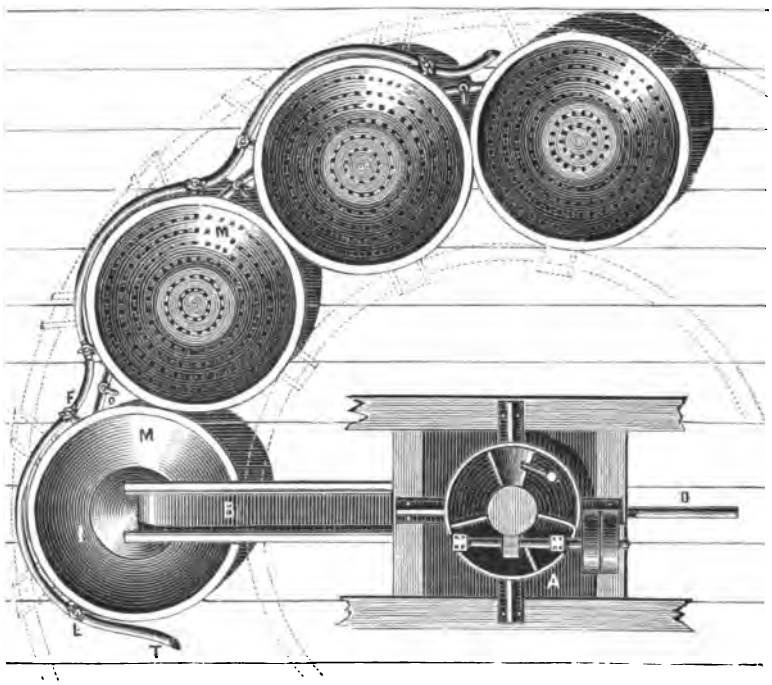


Fig. 69. — Batterie de macérateurs P. Barbier ; plan.

macérateur est épuisé, on le vide instantanément, comme il a été dit plus haut, et on le recharge aussitôt.

La tuyauterie se compose essentiellement d'un tuyau collecteur horizontal de jus faibles et d'un tuyau collecteur horizontal de vinasses, munis de robinets pour chaque macérateur ; d'un tuyau collecteur horizontal de vidange courant à la partie inférieure de la batterie pour l'aspiration des jus faibles ; de tuyaux verticaux reliant le fond de chaque macérateur à la partie supérieure du suivant, où se trouve un robinet à trois voies, permettant la

communication, à volonté, d'un macérateur avec le suivant, ou avec le tuyau collecteur horizontal conduisant à un bac, d'où le liquide est envoyé aux cuves de fermentation. L'acidulation des cossettes a lieu aussitôt après leur découpage, l'eau acidulée étant distribuée en pluie et méthodiquement de façon à ce que, pour ainsi dire, chaque cossette soit imprégnée de liquide acide.

La vinasse chaude (à 80-85°) est déversée sur le vase le plus anciennement chargé, et elle traverse successivement tous les autres jusqu'au plus nouvellement chargé, et va de là à la fermentation. Le jus faible, c'est-à-dire le jus provenant du macérateur épuisé et en vidange, est versé sur le macérateur suivant l'arrivée de la vinasse, c'est-à-dire sur un macérateur dans lequel le jus a à peu près la densité du jus faible, et se mélange au jus coulant d'un macérateur sur l'autre. La proportion de liquide à faire passer sur chaque macérateur dépend de la richesse de la betterave ; elle varie ordinairement de 150 (betteraves dont le jus marque 5 au densimètre) à 180 litres (betteraves dont le jus marque 6).

Diffusion[1]. — L'épuisement des cossettes se fait d'une manière plus sûre, plus complète et plus rapide si, au lieu de cuves ouvertes, on emploie des macérateurs fermés. La macération ainsi transformée est la *diffusion*, procédé bien plus parfait au point de vue technique, qui est pratiqué de la manière suivante :

Les betteraves lavées sont montées à l'étage supérieur au moyen d'un élévateur et livrées au coupe-racines ; les cossettes sortant de ce dernier sont imprégnées d'eau acidulée contenant 50 gr. d'acide sulfurique à 66° par 130 litres et qui a été préparée d'avance dans un bac, muni d'un tuyau en caoutchouc terminé par une pomme d'arrosoir. Au-dessus du coupe-racines sont établis, l'un à côté de l'autre, quatre vases à macération, qui ici portent le nom de *diffuseurs;* ces vases ont une capacité de 7 hectolitres et sont reliés entre eux par des tubes en cuivre. Au-dessus de ces diffuseurs se trouve une gouttière large de 33 cm., munie d'orifices correspondant exactement à l'ouverture supérieure des diffuseurs. Pendant le découpage des betteraves trois

[1] D'après Briem, *Die Rübenbrennerei*, p. 80 et suiv.

orifices de la gouttière sont toujours fermés, celui qui correspond à l'ouverture du diffuseur, qui doit être chargé, restant seul ouvert, et l'on verse aussi par cette ouverture l'eau acidulée destinée à la diffusion. Cela fait, on ferme le vase avec son couvercle, on remplit le vide avec de l'eau chaude et on laisse reposer une demi-heure.

Pendant ce temps, on charge et on ferme le second diffuseur comme le premier ; on fait arriver de nouveau de l'eau chaude dans le premier diffuseur chargé, et le jus qu'il renferme est ainsi refoulé dans le second. Lorsque le premier diffuseur a été abandonné au repos quelque temps encore, on ouvre le robinet dont son fond est muni et l'on fait écouler le jus riche qu'il renferme dans un bac collecteur ; pendant ce temps, on a chargé le troisième diffuseur ; le jus du premier est chassé dans le second, puis de celui-ci dans le troisième fraîchement chargé ; au bout de quelque temps, le jus riche du troisième diffuseur, comme auparavant celui du deuxième, est écoulé dans le bac collecteur ; et, pendant ces manœuvres, on a rempli le quatrième diffuseur et chassé le jus avec de l'eau dans le premier, puis dans le second, le troisième et le quatrième, et laissé également reposer pendant une demi-heure. Dès que le quatrième diffuseur est plein, on vide le premier par le trou d'homme, dont chaque cuve est munie au-dessus de son fond.

On continue ainsi l'épuisement des cossettes avec de l'eau chaude, que l'on remplace par la vinasse sortant des appareils, dès qu'on a commencé la distillation, dans le cas où l'on opère d'après le procédé de Nercan et Chaudré.

Les diffuseurs communiquent ensemble au moyen de tuyaux disposés de façon que du fond de l'un de ces vases le liquide monte dans un tuyau qui vient le déverser dans le vase le plus voisin, immédiatement au-dessous de son couvercle. Ces tuyaux sont munis de soupapes permettant d'établir ou de supprimer à volonté la communication entre les diffuseurs.

Le jus peut donc être refoulé du premier vase dans le deuxième, du deuxième dans le troisième, du troisième dans le quatrième et de ce dernier dans le premier. Supérieurement, chaque diffuseur communique au moyen de tuyaux à soupape avec le réservoir à

vinasses, ainsi qu'avec le réservoir à eau, qui tous les deux sont établis à un étage supérieur. Afin que des cossettes ne puissent pas pénétrer dans la tuyauterie, chaque diffuseur est pourvu, à 4 cm.

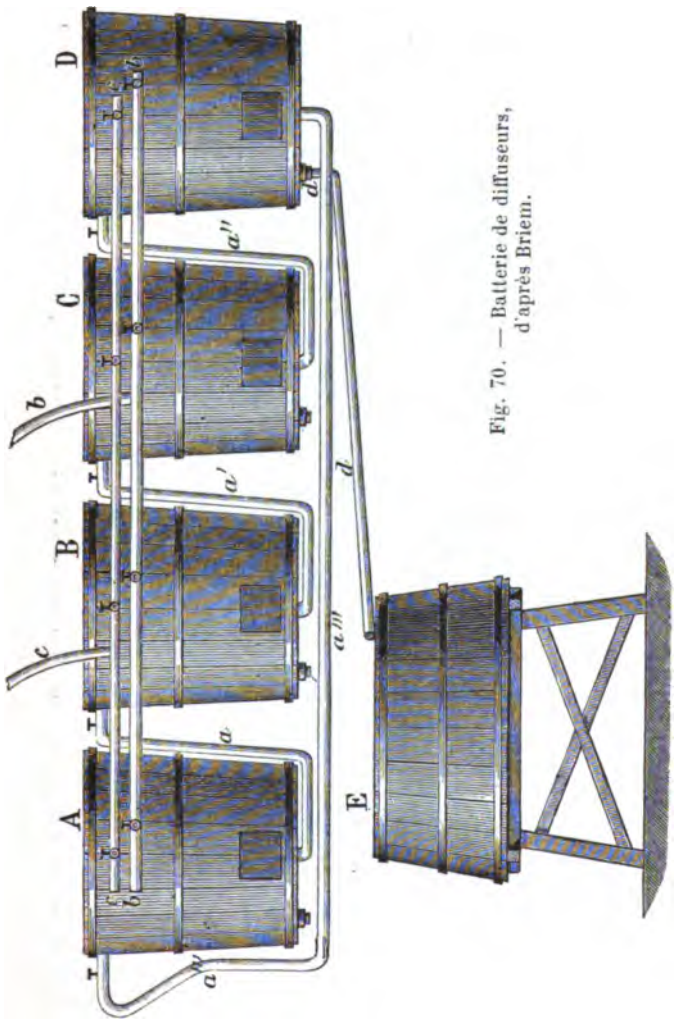


Fig. 70. — Batterie de diffuseurs, d'après Briem.

au-dessus de son fond proprement dit, d'un faux fond en tôle perforé, qui retient les cossettes, tout en permettant au liquide de s'écouler.

La figure 70 représente une batterie de quatre diffuseurs en bois. A, B, C et D sont les diffuseurs; E est le bac collecteur du

jus ; *a*, *a'*, *a''*, *a'''* sont les tubes établissant la communication entre les diffuseurs ; *b* est le tuyau à vinasses, *c* le tuyau à eau, et *d*, *d* le tuyau de vidange des jus.

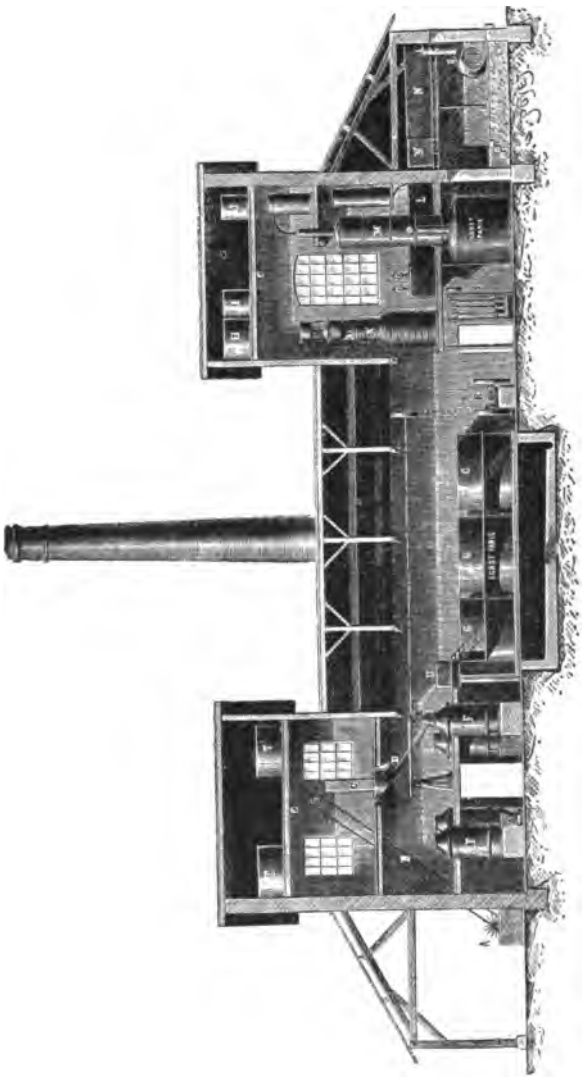


Fig. 71. — Vue d'ensemble d'une distillerie de betteraves travaillant par la diffusion ; élévation.

Le bon épuisement des cossettes par la diffusion et par suite la concentration du jus obtenu dépendent surtout : 1° de la bonne conformation des cossettes ; 2° du nombre des diffuseurs employés, c'est-à-dire de la longueur du parcours des jus à travers les

cossettes, et enfin, 3° de la température des jus dans les diffuseurs.

Pour obtenir des cossettes d'une conformation irréprochable, nous avons aujourd'hui à notre dispositon des coupe-racines dont

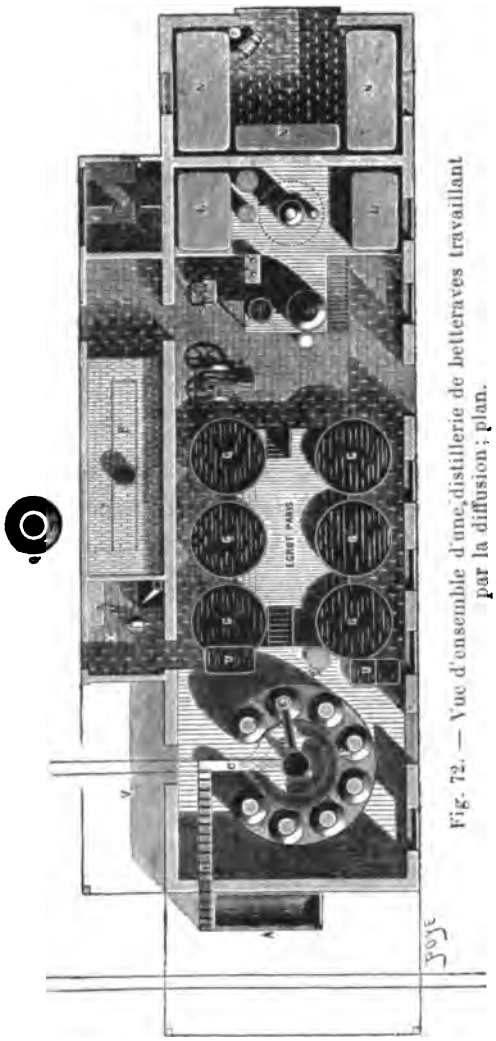


Fig. 72. — Vue d'ensemble d'une distillerie de betteraves travaillant par la diffusion ; plan.

le fonctionnement ne laisse rien à désirer, si l'on a soin de veiller attentivement à l'entretien des couteaux. En ce qui concerne le second point, on a essayé de multiplier le nombre des diffuseurs, mais alors l'appareil devient embarrassant et coûteux ; on leur a

aussi donné une plus grande hauteur en diminuant leur diamètre, mais cette modification n'a pas conduit au résultat espéré ; seule, la substitution de la vinasse à l'eau (d'après le procédé Nercan et Chaudré), sans augmenter le nombre des appareils et sans modifier leur forme, a donné de meilleurs résultats. Relativement au troisième point, nous rappellerons que c'est le diffuseur épuisé qui reçoit d'abord l'eau chaude, pour la faire passer sur le suivant et ainsi de suite jusqu'au vase nouvellement chargé ; l'eau d'arrivée doit avoir une température de 80 à 85°, tandis que le jus plus riche sortant de l'appareil n'a pas plus de 26 à 28°. Mais comme la quantité des jus faibles baignant les cossettes, le nombre plus ou moins grand des diffuseurs, la vitesse de l'écoulement peuvent faire varier ces températures d'une façon nuisible, on fera bien d'établir un tuyau de vapeur le long de la batterie, de façon à pouvoir, lorsque ce sera nécessaire, élever la température dans chaque diffuseur à 80-85°.

Les figures 71 et 72 représentent, la première en coupe verticale, la seconde en plan, une distillerie de betteraves travaillant par diffusion et disposée d'après les indications d'Egrot et Grangé. En voici la légende :

[A, laveur-épierreur; B, élévateur des betteraves ; C, plan incliné ; D, trémie ; E, coupe-racines ; F, F, diffuseurs ; G, G, cuves de fermentation ; g', réfrigérant ; H, I, J, réservoirs à eau et à moût ; K, appareil à distiller ; L, réservoir à flegmes ; M, appareil à rectifier ; N, réservoir à alcool ; O, dépotoir mesureur ; P, générateur ; Q, cheminée ; R, moteur ; S, ensemble de pompes ; T, T', réservoirs pour vinasses et flegmes ; U, U', cuves de mesurages et d'attente ; V, chambre à pulpes ; X, atelier de réparations ; Y, chambre de chauffe ; Z, bureau et régie.]

II. — Traitement des topinambours.

[Les topinambours offrent à peu près la même composition que les betteraves, dont ils ne diffèrent que par la nature de la matière sucrée, qui au lieu d'être de la saccharose, est un mélange de lévuline et d'inuline et d'un peu de glucose (voy. p. 39).

Les seuls procédés actuellement pratiqués pour le travail des topinambours sont la diffusion et la macération.

Quel que soit le procédé employé, il faut, dans tous les cas, apporter beaucoup de soin au lavage des tubercules, dont la forme

irrégulière augmente les difficultés ; leur surface est, en effet, sillonnée de creux dans lesquels se logent de la terre et des pierres, qui ne peuvent être éliminées que par une agitation énergique au milieu d'un courant d'eau.

La diffusion et la macération des topinambours découpés en cossettes sont pratiquées de la même manière que pour la betterave, mais en ayant soin de maintenir d'un bout à l'autre des batteries une température de 85° au moins, sans toutefois dépasser 90°, parce qu'en se rapprochant trop de 100° les cossettes cuiraient et se réduiraient en une bouillie, qui deviendrait gênante pour la marche du travail. Comme liquide extracteur, on se sert de vinasse que l'on a soin, à cause du peu de solubilité de l'inuline, de réchauffer au moyen de calorisateurs placés entre les macérateurs ou à l'aide de tuyaux de vapeur établis au fond de ces derniers.

Dans les jus ainsi extraits, on trouve toutes les matières alcoolisables du topinambour, mais incomplètement saccharifiées. La lévuline exige pour son interversion au moins une heure d'ébullition.

Pour achever la saccharification, on envoie les jus dans une cuve munie d'un barboteur de vapeur, afin de les réchauffer, et d'un serpentin à eau froide, pour les refroidir ensuite avant la fermentation. On ajoute de l'acide sulfurique, de façon à avoir une acidité de 2,25 gr. à 2,40 gr. par litre et on chauffe à l'ébullition pendant une heure. Une hotte avec tirage énergique, établie au-dessus de la cuve, entraîne certains produits volatils, qui alors ne se retrouvent plus dans l'alcool brut. On refroidit à 22-25°, en faisant arriver de l'eau froide dans le serpentin, et on envoie aux cuves de fermentation.

D'après le procédé Kyll, par le malt vert, on peut traiter ensemble ou séparément le topinambour et le maïs, suivant la saison.

Pour le travail simultané, on a besoin de deux cuiseurs : un grand pour les topinambours et un plus petit pour le maïs, le premier correspondant à une capacité de 100 kg. de tubercules et le second à une capacité de 15 à 20 kg. de grains. La cuisson du topinambour exige une heure et demie environ. Les matières

cuites réunies dans la cuve-matière sont additionnées de malt vert et traitées comme s'il s'agissait simplement de matières amylacées.

Le traitement du topinambour avec le maïs donne des drèches plus solides, qui sont mieux acceptées du bétail et lui sont plus profitables.]

III. — Traitement des mélasses de betteraves.

[La mélasse, produit final de la fabrication du sucre de betteraves, est un sirop épais, incristallisable, qui marque 40 à 45° Baumé (= 74 à 84° Balling) et contient 40 à 50 p. 100 de sucre. La couleur des mélasses de betteraves varie du jaune au brun foncé ou au noir. Les mélasses de couleur jaune clair, sans saveur empyreumatique, sont préférées, aussi bien à cause de la qualité que de la quantité de l'alcool qu'elles fournissent (Stammer).

La préparation du moût avec les mélasses comprend les opérations suivantes : 1° la dilution de la mélasse et 2° la neutralisation et le chauffage (dénitrage).

a. Dilution de la mélasse avec de l'eau.

Les mélasses étant, comme on vient de le voir, des solutions de sucre très concentrées, il est absolument indispensable de les étendre de façon à ramener leur densité à 8-10° Baumé (= 14°,5-18° Balling = 1060-1075 de densité).

Comme, par suite de sa viscosité, la mélasse offre quelque difficulté lorsqu'on veut opérer son mélange avec de l'eau, on se sert ordinairement pour la dilution de cuves spéciales, munies d'agitateurs mécaniques, qui le plus souvent offrent une disposition analogue à celle qui est représentée par la figure 73.

La mélasse est d'abord étendue à 20-25° B. seulement, la dilution n'étant achevée qu'après la neutralisation et le chauffage. On met d'abord dans la cuve la quantité d'eau nécessaire pour obtenir ce degré et on ajoute ensuite la mélasse, ou bien on y fait couler simultanément l'eau et la mélasse, en ayant soin de déterminer de temps en temps la densité du mélange, afin d'obtenir exactement celle que l'on désire.

L'opération se fait habituellement à chaud et alors on emploie de l'eau chaude ou bien on fait arriver dans la cuve un courant de vapeur. On peut aussi se servir avantageusement d'un injecteur Körting à jet de vapeur. La cuve à mélanges doit alors être munie d'un faux fond perforé, au-dessous duquel on dirige le jet de

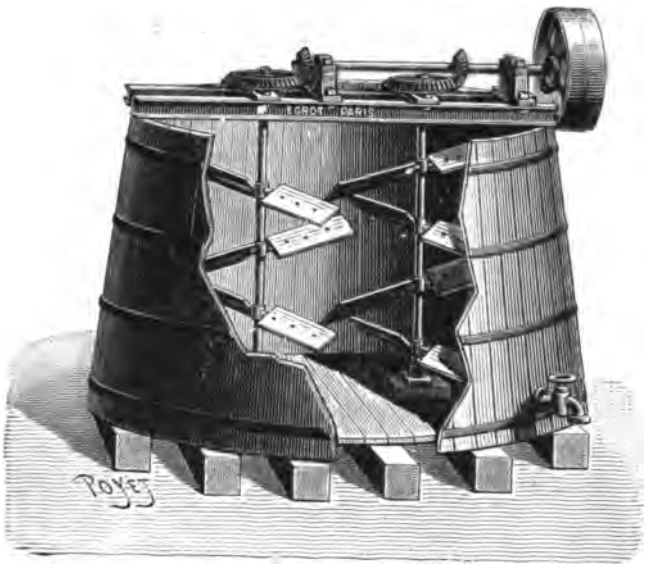


Fig. 73. — Cuve avec agitateurs pour la dilution des mélasses.

vapeur entraînant avec lui une grande quantité d'air et dont le passage à travers la masse produit le mélange rapide et intime de la mélasse et de l'eau.

b. Neutralisation et chauffage (dénitrage).

La mélasse de betteraves a généralement une réaction fortement alcaline, parce que les jus ayant été traités dans les sucreries avec un excès de chaux caustique en vue de leur épuration, il se forme aux dépens des sels de potasse et de soude de la betterave une certaine quantité d'hydroxydes alcalins, qui lors de la saturation par l'acide carbonique sont transformés en carbonates. C'est à la présence de ces carbonates alcalins qu'est due la réaction alcaline de la mélasse. Mais un milieu alcalin ne convient pas

à la levure et est au contraire favorable au développement des germes étrangers (vibrions, bactéries). Il est donc absolument indispensable, pour avoir une bonne fermentation, de détruire l'alcalinité de la mélasse et même de la remplacer par une certaine acidité, toujours favorable au ferment alcoolique et en même temps utile pour produire l'inversion du sucre de canne non directement fermentescible et aussi expulser de la mélasse les acides organiques et l'acide azotique qu'elle renferme ordinairement. On emploie habituellement pour la neutralisation et l'acidification de l'acide sulfurique (quelquefois de l'acide chlorhydrique).

Comme l'alcalinité des mélasses varie avec la quantité des sels alcalins contenus dans les jus de betteraves, il est impossible d'indiquer une fois pour toutes la proportion d'acide qu'il convient d'employer pour la neutralisation d'un poids donné de mélasse.

Il faudra donc dans chaque cas particulier déterminer cette proportion, à laquelle on ajoutera la quantité nécessaire pour qu'après l'ébullition il reste une acidité de 2,50 gr. par litre de moût, acidité calculée en acide sulfurique à 66° B. Nous indiquerons dans le Chapitre XI la marche à suivre pour cette détermination.

A la mélasse étendue, comme on l'a dit plus haut, à 20-25° B., on ajoute la quantité d'acide sulfurique indiquée par l'essai et l'on chauffe la masse à l'ébullition. On expulse ainsi l'acide azotique et les acides organiques volatils et en même temps on transforme le sucre de canne en dextrose directement fermentescible. La dilution du moût est ensuite achevée et le liquide convenablement refroidi est envoyé à la fermentation,

Le chauffage de la mélasse est ordinairement pratiqué dans un bac spécial, dit dénitreur; ce bac est surmonté d'une hotte pour l'entraînement des vapeurs dégagées et il est muni d'un serpentin de vapeur et d'un agitateur mécanique. Très souvent, la première dilution de la mélasse est pratiquée dans le bac dénitreur.

La neutralisation et le chauffage des mélasses sont quelquefois effectués sans dilution préalable et soumises, avant celle-ci, à une filtration, c'est ainsi qu'on procède, par exemple, dans la distillerie de Ruysbroeck (Belgique[1]): Les mélasses accumulées dans un

[1] E. Sorel, *Journal de la distillerie française*, n° du 9 septembre 1897.

grand réservoir en tôle sont, à mesure des besoins, pompées dans deux bacs doublés de plomb, où elles sont soumises à l'action de l'acide sulfurique et portées, au moyen d'une injection de vapeur, à la température d'ébullition (103° environ) ; on évite avec soin un excès d'acide, et l'on ne dépasse que très peu la neutralité. Ainsi neutralisées et dépouillées des acides volatils, les mélasses sont envoyées par un monte-jus dans deux filtres-presses, afin de les débarrasser de certains microorganismes gélatineux, dont la présence, signalée par Effront dans certaines mélasses, exerce une fâcheuse influence sur leur fermentation. Au lieu de combattre ces organismes par des doses énormes d'acide qui gênent la vie de la levure, on les retient par filtration, ce qui est bien plus rationnel. Après avoir été ramenées au degré voulu, les mélasses filtrées sont refoulées dans des bacs d'attente établis au-dessus de l'atelier de fermentation, puis elles passent sur un réfrigérant (du type Lawrence), pour tomber refroidies et aérées dans de grands bacs plats, d'où elles sont dirigées sur l'atelier de fermentation.]

CHAPITRE IV

PRÉPARATION DE LA LEVURE ARTIFICIELLE

Remarques préliminaires.

Nous avons jusqu'à présent décrit la préparation du moût sucré et son refroidissement à la température de mise en fermentation. Comme maintenant, dans la pratique, ce serait le moment d'ajouter la levure au moût, nous devons d'abord donner ici la description de la préparation de la levure artificielle.

Afin de bien faire comprendre les conditions dans lesquelles, en distillerie, nous cultivons et propageons la levure, nous commencerons par établir une comparaison entre la levure de distillerie et la levure de brasserie.

Dans la fabrication de la bière, on transmet la fermentation d'un moût à un autre en mettant en levure le moût qui vient d'être préparé avec une partie de la levure formée dans le moût en fermentation. Dans la distillerie, un pareil procédé n'est généralement ni possible, ni usité, car le brasseur fait fermenter non pas des moûts troubles, mais des moûts clairs, c'est-à-dire des solutions filtrées, dans lesquelles — lors de la fermentation basse — la levure formée se dépose au fond de la cuve, où elle peut être facilement recueillie dans un état de pureté relative. Cela n'est pas possible avec les moûts riches en drèches des distilleries. Outre cette raison extérieure, une raison intérieure exclut aussi une propagation de la levure de distillerie de moût à moût. La levure provenant d'un moût de bière fermenté est généralement vigoureusement développée et n'a eu à souffrir ni du manque de principes nutritifs, ni de l'influence d'une teneur élevée en alcool. Mais ce n'est pas le cas pour la levure de distillerie, qui se trouve,

dans le moût fermenté, sinon tout à fait anéantie, au moins extrêmement affaiblie.

C'est pour ces raisons que les distillateurs ont fini par créer un procédé particulier, qui est celui de la préparation de la levure artificielle, et duquel nous allons donner dans ce chapitre une description détaillée, ce qui est absolument indispensable en présence de l'extrême importance que présente la levure artificielle relativement à la fermentation des moûts.

A ce sujet, nous ferons remarquer, d'une façon toute spéciale, que la préparation d'une levure artificielle saine et vigoureuse n'est pas du tout un tour d'adresse particulier. Non, tout distillateur qui saisira bien les indications capitales que nous allons donner relativement à la préparation et au maniement de la levure, et les appliquera avec un soin méticuleux, arrivera à un bon résultat s'il emploie des matières convenables et si la distillerie est établie dans des conditions favorables.

La *levure artificielle* n'est pas généralement employée ; il y a encore un grand nombre de distilleries, mais peu importantes et travaillant d'après un système primitif, qui, jusqu'à ce jour, ont conservé le procédé autrefois généralement en usage, consistant dans l'emploi de levure de bière basse.

Cette levure de bière présente évidemment certains avantages ; elle est moins chère que la levure artificielle ; son obtention est loin d'exiger les soins et le travail que nécessite la préparation de la levure artificielle ; en outre, la résine de houblon, qui adhère à la levure de bière, joue le rôle d'un excellent antiseptique et empêche l'accroissement de l'acidité dans le moût en fermentation. Cela est très heureux pour la plupart des petites distilleries, dans lesquelles, sans cela, avec des fautes souvent grossières contre la propreté et la pureté de la fermentation, et l'inobservation des températures convenables pour cette dernière, une fermentation beaucoup plus mauvaise, par suite de la production d'une forte acidité, serait à l'ordre du jour.

Les inconvénients de la levure de bière sont les suivants : d'abord on est le plus souvent privé de toute garantie relativement à la qualité, à la pureté et à l'homogénéité de la levure, par l'emploi de laquelle on dépend de la brasserie. Ensuite, le transport et la

conservation de la levure, abstraction faite des frais, ne sont pas sans entraîner certains dommages, et enfin les levures de brasserie ne peuvent supporter une teneur en alcool aussi élevée que celle qui est nécessaire en distillerie avec le travail de moûts épais sous le régime de l'impôt de la capacité de cuve (tel qu'il est en vigueur en Allemagne).

Cependant nous exposerons plus loin comment, dans des circonstances favorables et avec l'observation de différentes précautions, on peut aussi, à l'aide de levure de bière, obtenir de bons résultats.

La préparation de la levure artificielle est en général effectuée de la manière suivante : dans des vases plus petits que ceux dont on se sert pour les moûts destinés à la distillation et placés dans un local particulier, on prépare un moût sucré et dans les conditions qui favorisent la multiplication et le développement de toute la force de la levure. En mettant ensuite le moût-levain en fermentation, il se forme une abondante quantité de nouvelles cellules de levure ; le moût-levain est par conséquent devenu pour ces dernières un terrain de multiplication. La majeure partie de la levure ainsi produite est employée pour la mise en fermentation des moûts sucrés destinés à la distillation, tandis que la plus petite partie est conservée sous le nom de *levure-mère* pour la mise en fermentation d'autres moûts-levains. Lorsque le moût-levain a été mis seulement une fois en fermentation, opération pour laquelle on doit employer, de préférence, au commencement de la campagne, de la levure de culture pure, on peut, dans des circonstances favorables, sans achat d'autre levure, continuer la préparation de l'agent de la fermentation pendant toute une campagne; on peut même, en conservant de la levure-mère pendant l'été jusqu'à la campagne suivante, éviter l'achat de levure pressée ou de levure pure pour la mise en fermentation.

La levure artificielle est généralement employée deux jours après sa préparation, comptés du jour où celle-ci a été commencée. Si l'on veut, par exemple, mettre un moût en fermentation le mercredi, il faudra préparer le lundi la levure artificielle.

On devra, pour la préparation de la levure artificielle, dont nous venons de donner une idée générale, prendre pour base les principes suivants :

1. Le moût-levain, c'est-à-dire la solution nutritive pour la levure, doit contenir en quantité suffisante les matières convenables pour la nutrition et la multiplication des cellules de levure.

2. Il faut éviter que la levure pendant son accroissement et sa fermentation ait à lutter contre les schizomycètes et les bactéries. C'est pourquoi, afin de protéger la levure, lors de la préparation du ferment artificiel, on cultive le champignon de l'acide lactique. Ce champignon, c'est-à-dire l'acide lactique qu'il produit, augmente le pouvoir fermentatif de la levure et permet, par cela même, de surmonter heureusement les dangers d'infection qui peuvent se produire. *Car l'antiseptique le plus puissant de tous est une levure fermentant, c'est-à-dire travaillant énergiquement.*

La pratique de la préparation de la levure artificielle cherche à se conformer à ces principes, en effectuant l'une après l'autre les opérations suivantes :

I. Préparation du moût-levain et sa conservation ;

II. Acidification du moût-levain ;

III. Refroidissement du moût-levain acidifié à la température de mise en fermentation ;

IV. Mise en fermentation du moût-levain acide (addition de la levure-mère) ;

V. Multiplication des cellules de levure, et fermentation de la levure jusqu'au degré de maturité ;

VI. Prélèvement de la levure-mère et sa conservation.

I. — Préparation du moût-levain et sa saccharification.

Comme le moût-levain doit servir de solution nutritive pour la levure, les matières destinées à fournir une forte nourriture à la levure doivent s'y trouver en quantité suffisante et convenablement mélangées. La levure a besoin de *sucre* (maltose), d'éléments azotés solubles (surtout d'amides) et de sels minéraux.

Toutes ces matières se trouvent heureusement mélangées dans un moût de malt vert ou de malt touraillé. Mais, malgré cela, les distilleries allemandes ont, dans ces dernières années, de plus en

plus abandonné la préparation d'un moût-levain exclusivement avec du malt vert, de la *levure* dite *de malt vert*, et elles préparent le moût-levain avec peu de malt et beaucoup de moût sucré tamisé de pommes de terre, de seigle ou de maïs. On obtient de cette façon un moût-levain non seulement moins cher, mais encore plus concentré, plus riche en sucre. La grande teneur en sucre du moût-levain de malt vert et de moût sucré lui permet de fermenter avec énergie et conduit à la production d'une teneur élevée en alcool. Cette teneur est à son tour importante pour la pureté de la levure en voie de développement, parce que l'alcool, qui est un poison énergique pour les schizomycètes, peut arrêter le développement des bactéries, qui font concurrence aux cellules de levure.

La *concentration*, c'est-à-dire la *teneur en sucre* du moût-levain, d'après l'indication du saccharomètre de Balling, ne doit jamais être inférieure à 20 p. 100 ; le mieux est de la tenir entre 22 et 24 p. 100. La fermentation de la levure doit la réduire à 4-6 p. 100. Une levure ayant fermenté longtemps et par suite *trop mûre* est, en toutes circonstances, préférable à une levure peu fermentée, c'est-à-dire *non mûre*. Le moût ensemencé avec une levure non encore parvenue à maturité aura, pendant la fermentation, une grande tendance à l'acidification.

Dans les petites distilleries, la *préparation du moût-levain* est effectuée dans les vases où doit avoir lieu la fermentation de la levure ; il est évident que ces vases doivent être tenus dans un état de propreté irréprochable.

La *préparation de la levure de malt vert*, autrefois générale et aujourd'hui aussi quelquefois nécessaire, est pratiquée à peu près de la manière suivante : le malt vert, finement divisé, passé deux fois si c'est possible dans le concasseur, est déversé dans la cuve à levure, puis arrosé avec de l'eau chaude à 69°, dans la proportion d'un tiers de litre environ par kilogramme de malt, et la masse est ensuite très énergiquement brassée à l'aide d'un fourquet. La saccharification, qui commence immédiatement, communique à la masse, au bout de peu de temps, une fluidité plus grande ; le brassage demande bientôt de la part de l'ouvrier une dépense de force beaucoup moindre qu'au début de l'opération ; on peut maintenant, sans craindre de brûler partiellement le malt, ajouter de l'eau,

à environ 87°,5 et au-dessus, par conséquent à une température voisine de son point d'ébullition, et cela jusqu'à ce qu'on ait atteint une température finale de 65°, à laquelle le moût-levain est abandonné, la cuve ayant été couverte, afin que la saccharification s'achève. La durée de celle-ci n'est pas inférieure à une heure, ni supérieure à deux heures.

Pour *préparer la levure de moût*, on empâte d'abord le malt vert deux fois concassé (7,5 à 10 kg. par hectolitre de capacité de cuve à levure), soit avec du moût tamisé, sucré et chaud, soit avec de l'eau chaude, et ensuite en brassant continuellement on ajoute la quantité de moût chaud tamisé, qui est nécessaire pour remplir

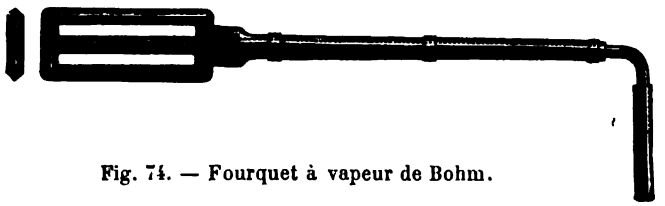


Fig. 74. — Fourquet à vapeur de Bohm.

le vase à levure. A l'aide d'un fourquet à vapeur (fig. 74), on porte la masse à la température de saccharification la plus convenable, c'est-à-dire à 65° avec une bonne matière première et à 67°,5-70° avec une matière moins bonne (malt moisi, pommes de terre pourries, maïs avarié). Ici, il faut également, après avoir couvert le vase, abandonner la masse à elle-même pendant une ou deux heures, afin que la saccharification puisse se produire.

Relativement à la température de saccharification, nous remarquons déjà une différence entre le moût-levain et le moût destiné à la distillation, et effectivement, en vue de la destruction des organismes générateurs d'acides agissant défavorablement sur la fermentation, on travaille à des températures plus élevées que pour la préparation du moût. Cette différence apparaît encore plus nettement dans un procédé qui a été expérimenté dans ces dernières années. Dans ce procédé, on ne se contente plus pour le moût-levain d'une température de saccharification de 65°, mais on cherche à stériliser le moût en élevant la température jusqu'à 70-75°. Lorsque le moût-levain a été abandonné à la saccharification pendant deux heures à la température de 65°, on l'expose fina-

lement, durant quinze minutes, à une température maxima de 75°. L'auteur, se basant sur une longue expérience, peut affirmer que ce procédé est tout à fait convenable, et il est d'autant plus avantageux que les matières premières traitées ont plus de tendance à donner lieu au développement des bactéries importunes. Indépendamment de la destruction des ferments, ce mode de travail permet aussi une saccharification plus complète de l'amidon, ce qui offre également de l'importance pour la production de la levure.

Il n'est possible, dans un moût-levain concentré, d'obtenir des températures aussi élevées que celles qui ont été indiquées en dernier lieu (70-75°), qu'en ajoutant de l'eau ; c'est pour cela qu'on se sert généralement d'un fourquet à vapeur comme celui qui est représenté par la figure 74. Cet appareil, imaginé par Bohm, se compose d'un tube de vapeur en cuivre étamé, qui à son extrémité inférieure est muni d'une grille formée de barreaux creux, dont les parois sont percées de très petits trous. L'extrémité supérieure, courbée à angle droit, est mise en communication avec la conduite de vapeur au moyen d'un tuyau en caoutchouc. La vapeur arrivant en un courant modéré, on brasse le moût jusqu'à ce qu'il ait atteint la température convenable. Le manche du fourquet est entouré d'une enveloppe en bois. Cet appareil rend d'excellents services.

Comme on l'a déjà dit, dans les petites distilleries la préparation du moût-levain est effectuée même encore aujourd'hui par travail manuel, tandis que dans les usines un peu plus grandes, et surtout dans les très grandes, des *appareils à moût-levain* sont nécessaires pour cela, appareils qui. s'ils sont maniés avec tant soit peu de soin par les ouvriers chargés de leur service, peuvent être considérés à tous les points de vue comme tout à fait convenables, et ils donnent un moût beaucoup plus fin que celui qui peut être obtenu par travail manuel ; enfin, ils permettent d'arriver graduellement, avec la plus grande facilité, à la température de saccharification, comme de les y maintenir pendant le temps que l'on désire. Enfin, nous ne devons pas manquer de faire remarquer qu'avec ce mode de travail on gagne aussi beaucoup de temps.

L'appareil à moût-levain d'Ellenberger, de Darmstadt (fig. 75), consiste en une sorte d'auge en fer à doubles parois, avec couvercles. A l'intérieur de l'appareil, un agitateur énergique amène le malt à un état de très grande division, et asssure en même temps son mélange intime avec l'eau ou le moût sucré ajoutés. En remplissant avec de l'eau l'intervalle entre les deux parois de

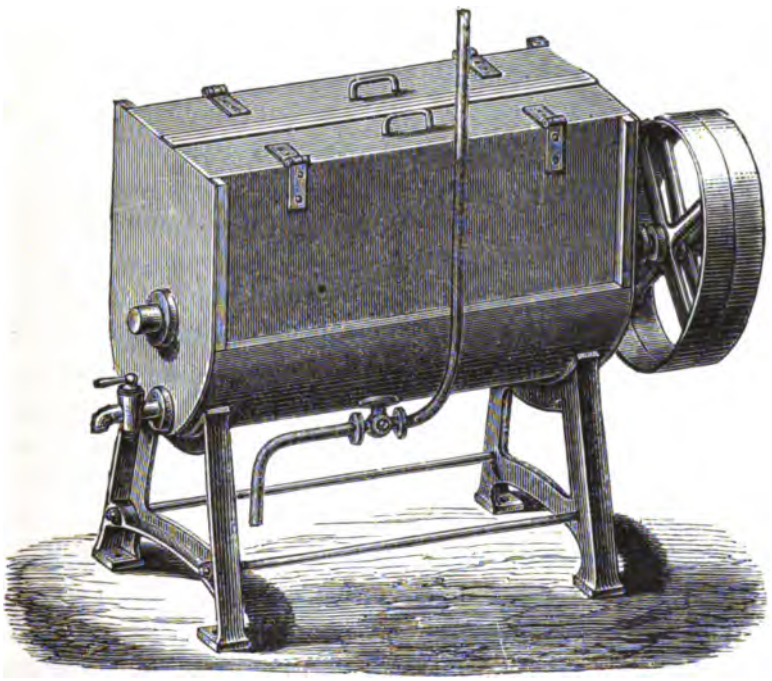


Fig. 75. — Appareil à moût-levain d'Ellenberger.

l'appareil, et en y faisant arriver un courant de vapeur peu intense, on atteint peu à peu la température désirée. Le mouvement de l'agitateur empêche un surchauffage local du moût.

L'appareil de Pauksch, de Landsberg, ressemble beaucoup par sa disposition et son fonctionnement à celui d'Ellenberger. Cet appareil est aussi en forme d'auge et à doubles parois, de sorte que le moût n'est pas chauffé directement par la vapeur. Outre l'agitateur, l'appareil est muni d'un thermomètre fixe. Une soupape laisse couler directement le moût dans le vase à levure.

II. — Acidification du moût-levain.

Le moût-levain étant achevé, on ne le refroidit pas et on ne l'ensemence pas avec de la levure-mère immédiatement, on y provoque d'abord une *acidification*. Celle-ci consiste dans le développement du *ferment de l'acide lactique*, en une fermentation lactique qui consomme une partie du sucre contenu dans le moût.

On s'est demandé quel rôle joue ici l'acide produit par la fermentation lactique. En aucune circonstance, son utilité n'a été mise en doute, car l'acide lactique formé augmente le pouvoir fermentatif de la levure, en restreignant beaucoup sa puissance de multiplication. Comme maintenant une levure avec un grand pouvoir fermentatif montre aussi une activité fermentative particulièrement énergique, et qu'une fermentation énergique de la levure empêche de la manière la plus efficace le développement des schyzomycètes qui lui font concurrence, l'acide lactique agit par suite aussi dans le moût-levain indirectement comme un antiseptique.

Le développement du ferment lactique et la formation de l'acide lactique non volatil qui en est la conséquence sont liés à l'observation d'une certaine température ; dans la pratique, le processus d'acidification du moût-levain doit avoir lieu à 50°. L'observation rigoureuse de cette température est justifiée par ce fait qu'il en résulte une sélection au profit d'un ferment lactique insensible à une haute température et qui peut donner lieu à une rapide acidification, avec formation de quantités seulement très faibles d'acide volatil, d'acide butyrique.

Une forte acidification du moût-levain est donc avantageuse ; aussi devons-nous faire en sorte que les ferments répandus dans l'air de l'atelier à levure ou de la distillerie, ou qui adhèrent aux matières premières du moût, se multiplient très rapidement.

Il résulte de là que, pour la préparation de la levure artificielle usitée en Allemagne, il faut maintenir le moût-levain pendant

douze à vingt heures environ à la température de 50°, qui est la plus favorable pour la production de l'acidité. C'est là que réside la plus grande difficulté de la préparation de la levure artificielle. En effet, si la température s'abaisse au-dessous de 50° pendant l'acidification, il se forme, à la place de l'acide lactique non volatil, un autre acide, l'acide butyrique volatil, qui agit défavorablement sur la levure.

Le résultat plus ou moins favorable qu'obtient une distillerie dans la préparation de la levure et par suite aussi dans la fermentation des moûts, dépend en majeure partie de conditions extérieures, c'est-à-dire du local où a lieu la préparation de la levure (*l'atelier à levure*) et de sa disposition. La question la plus importante concernant cet objet sera la suivante : l'atelier à levure permet-il, d'après sa situation et sa disposition, de maintenir exactement dans le moût-levain la température nécessaire pour l'acidification? Nous devons par conséquent nous occuper ici tout d'abord de ce qui est relatif à la *construction de l'atelier à levure, aux vases à levure, ainsi qu'à leur traitement et à leur nettoyage.*

Dans les distilleries de construction ancienne, il n'est ordinairement ménagé aucun local particulier clos pour les vases à levure; il ne leur est au contraire réservé qu'une place modeste, soit dans la salle de fermentation, soit dans la chambre aux appareils; ou bien, s'il y a un atelier à levure, il est souvent si mal partagé, on y tient si peu compte des conditions les plus essentielles : air, lumière et chaleur, qu'on ne peut que recommander d'y établir sans retard des doubles fenêtres, des doubles portes et des dispositifs de chauffage (vapeur d'échappement).

L'atelier à levure, qui doit être isolé des autres locaux de la distillerie, ce qui est très important même pour une petite usine, doit être adossé d'un côté à la chambre aux générateurs, entre l'atelier à moût et la salle de fermentation, et muni d'une double porte fermant bien. Une situation comme celle qui vient d'être indiquée permettra de maintenir la température uniforme de 22°,5 à 25°, qui est nécessaire; une grandeur ou une hauteur exagérée empêchera de se conformer à cette exigence. La lumière doit largement pénétrer par une fenêtre double. Pour ce qui concerne l'intérieur de l'atelier à levure, nous devons mettre en

garde contre le danger que présente le crépissage au mortier, encore si fréquemment usité; cet enduit, peu résistant par lui-même, est endommagé par les vapeurs et l'humidité impossibles à éviter; il devient friable et se remplit de fissures, qui deviennent facilement des foyers de mucédinées et de microorganismes. Un enduit de ciment jusqu'à hauteur d'homme et, au-dessus, un enduit de goudron, méritent d'être spécialement recommandés. En général, ces matières ne doivent être employées que pour les plafonds et les cloisons qui, durs et résistants, permettent un nettoyage à fond au moyen d'une brosse et d'un jet d'eau. Le sol, garni de carreaux en terre cuite ou de ciment, ne doit présenter aucune inégalité, et une légère pente doit favoriser l'écoulement de l'eau.

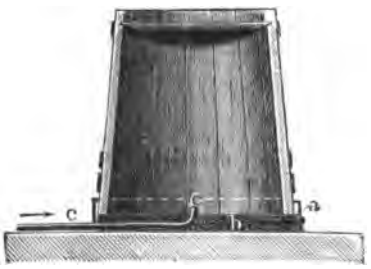


Fig. 76. — Dispositif pour la stérilisation des vases à levure.

Les vases à levure, construits en bois de chêne sec, ont ordinairement une hauteur qui correspond à leur diamètre moyen; leur forme n'a du reste aucune autre importance. Pour les nettoyer, on se sert d'eau bouillante, ou mieux encore d'eau additionnée de bisulfite de chaux de Brockmann, et on les brosse vigoureusement.

Pour obtenir un nettoyage à fond des vases à levure, on les traite par la vapeur, on les stérilise. On se sert pour cela d'un dispositif très simple, qui est représenté par la figure 76. Ce dispositif se compose d'un cercle en fer *a* d'un diamètre un peu plus grand que le vase à levure. Ce cercle repose sur le sol. Dans son milieu débouche l'extrémité du tuyau *c*, qui s'élève à 4-5 cm. au-dessus du bord supérieur du cercle. A l'aide d'un robinet on peut faire arriver par le tuyau *c* de la vapeur directe. Le cercle de fer est rempli intérieurement d'une couche de ciment s'élevant jusqu'aux trois quarts de sa hauteur et sur laquelle sont renversés les vases à levure, qui sont ensuite traités par la vapeur.

En chauffant les vases à levure, on rend toute impureté inoffensive et on anéantit notamment les bactéries nuisibles à la fermentation, qui se sont logées dans les joints ou dans les pores

des vases en bois. Le traitement par la vapeur des vases à levure doit être seul recommandé ; le flambage détruit bien, il est vrai, les bactéries nuisibles à la fermentation, mais il endommage aussi le bois des cuves.

Revenons maintenant à l'acidification du moût-levain. De ce qui a été dit jusqu'à présent, nous devons conclure qu'il ne s'agit de rien autre chose qu'une culture pure de ferment lactique dans le moût-levain. Le moyen pour atteindre ce but consiste à choisir exactement les températures convenables pour la saccharification et l'acidification.

La température de saccharification ne doit jamais être choisie plus basse que 65°, et avec une mauvaise matière première (malt moisi, moût préparé avec des pommes de terre pourries ou du maïs avarié), elle doit s'élever à 67°,5-70° et même 75°.

La température d'acidification doit, par tous les moyens possibles, être maintenue à 50°. En première ligne, il faut pour atteindre ce but que l'atelier à levure soit établi dans un endroit chaud, et qu'en outre il puisse être chauffé ; ensuite, on réchauffera de temps en temps à l'aide du fourquet à vapeur ; on préparera un moût épais, riche en sucre, qui se refroidit moins fortement qu'un moût clair, pauvre en sucre ; on placera sur les vases à levure un couvercle fermant bien, ou on y adaptera un dispositif empêchant l'accès de l'air, consistant en un couvercle en bois placé à la surface du moût, et que l'on recouvre d'eau chaude. On peut aussi obtenir la température d'acidification en plaçant les vases à levure dans de l'eau chaude, etc. Il y a encore un grand nombre d'autres moyens à l'aide desquels on peut empêcher le refroidissement du moût en voie d'acidification au-dessous de 50°, et par suite aussi le développement des microorganismes ennemis de la fermentation.

Nous avons maintenant à nous occuper de la *durée de l'acidification* et de la *quantité d'acide nécessaire* dans le moût-levain. Ces deux questions importantes ne peuvent pas être résolues par l'indication de quelques chiffres ; il faut ici tenir compte des conditions particulières à chaque distillerie ; chaque directeur d'usine doit *déterminer par des essais* la quantité d'acide la plus convenable pour les conditions qui existent dans sa distillerie.

Une acidification pure et intense du moût-levain conduira en toutes circonstances à la formation d'une levure avec un grand pouvoir fermentatif, parce que la levure-mère sera ensemencée dans un liquide nutritif exempt de bactéries étrangères et nuisibles, et seulement abondamment pourvu d'acide lactique. Par suite aussi, la fermentation du moût sera plus pure, suivant l'axiome du praticien : « Beaucoup d'acide dans la levure, peu d'acide dans le moût », axiome dont l'exactitude a été pleinement confirmée par l'expérience.

Le distillateur a donc tout à fait raison lorsqu'il maintient dans le moût-levain une forte acidité, d'environ 2°,2 à 2°,4 à l'acidimètre ; il réussit de cette manière à réprimer l'acidification dans le moût. Mais celle-ci, comme on l'a déjà dit souvent, est absolument indispensable si l'on veut obtenir une fermentation satisfaisante. Une teneur en acide de la levure, aussi élevée, a généralement pour but d'éviter qu'il se produise dans la fermentation des perturbations toujours ennuyeuses, et par conséquent d'assurer la continuité du travail, et il ne faut pas craindre qu'une levure fortement mélangée de ferment lactique, ajoutée au moût, produise dans ce dernier un vif développement du ferment, dont la présence ici n'est pas à désirer.

Mais lorsque dans une distillerie il existe des conditions favorables, lorsque, par exemple, avec un air pur on possède une eau de bonne qualité, lorsque surtout dans une cave à malt bien établie on produit un malt exempt de bactéries, en se servant, si c'est nécessaire, d'une machine à laver ; lorsque, en un mot, le danger d'infection par des schizomycètes n'est pas bien grand, le distillateur pourra, même avec une faible acidité de la levure, environ 1°,4 à 1°,6 à l'acidimètre, s'attendre à de bons résultats.

Il ne faut pas s'étonner que le degré d'acidité de la levure exerce une grande influence sur l'échauffement, et surtout sur la fermentation des moûts. Une teneur en acide, élevée, de la levure, donne lieu, en général, à un échauffement et à une fermentation rapides et énergiques des moûts, tandis qu'une faible acidité de la levure entraîne une fermentation plus lente et plus uniforme.

L'observation attentive de la marche de la fermentation, combinée avec les essais nécessaires, spécialement à l'aide de l'aci-

dimètre, indiqueront en peu de temps au distillateur si en général il doit travailler avec une levure contenant beaucoup ou peu d'acide.

Pour *régler l'acidité du moût-levain*, on accorde tout d'abord une durée plus ou moins longue à l'acidification; ensuite on modifie les températures de saccharification et d'acidification, et enfin on ajoute du moût-levain acide et de la farine de seigle.

La plus longue durée d'acidification qui soit possible, en comptant quarante-huit heures pour la préparation de la levure artificielle avec des moûts levains concentrés bien fermentés, est de vingt-deux heures environ. Si pendant cet espace de temps le degré d'acidité de la levure que l'expérience a démontré le plus convenable pour la distillerie en question n'est pas encore atteint, on peut se baser sur les indications suivantes pour atteindre le degré d'acidification désirée :

1° On choisit une température de saccharification un peu plus basse pour le moût-levain, afin de ne pas nuire au ferment lactique pendant la préparation du moût;

2° On ne tient pas les températures d'acidification au-dessus de 50°, on permet plutôt un refroidissement à 47°50;

3° On démêle, lors de la préparation de la levure, du moût-levain acide avec le malt et le moût (suracidification);

4° Lors du démêlage, on ajoute de la farine de seigle, dans les proportions d'environ 1 à 2 litres pour 100 litres de capacité de cuve à moût-levain. En général, les distillateurs expérimentés ne manquent jamais d'ajouter de la farine de seigle, surtout lors du travail de maïs seul : la farine de seigle fortifie beaucoup la levure.

Autrefois, l'acidification terminée, on refroidissait immédiatement le moût-levain ; mais depuis quelque temps on réchauffe d'abord le moût acide à 75° à l'aide de vapeur. Cette stérilisation du moût-levain a surtout pour but d'anéantir les bactéries nuisibles provenant des matières premières, ou qui se sont introduites dans le moût pendant l'acidification. En outre, le ferment lactique, qui par son activité a complètement rempli sa fonction dans le moût-levain en voie d'acidification, et qui dans le moût destiné à la distillation n'est ni nécessaire ni avantageux, est si

affaibli qu'il ne peut plus continuer à se développer dans ce dernier moût. On abandonne le moût-levain acidifié, pendant trente minutes à la température de 75°; après quoi on procède à son refroidissement.

III. — Refroidissement du moût-levain acidifié à la température de mise en fermentation.

Il est indispensable que le refroidissement du moût-levain acidifié à la température de 50° ou, comme cela se fait depuis quelque temps, stérilisé à 75°, ait lieu dans un espace de temps aussi court que possible, et en franchissant rapidement les *points morts*, c'est-à-dire les températures entre 45 et 31°, favorables pour l'infection par les schizomycètes ; aussi s'abstient-on de plus en plus depuis quelque temps d'abandonner à lui-même pendant longtemps le moût refroidi, sans l'ensemencer de levure-mère, afin d'éviter une infection, et c'est pour cela que l'on ne commence le refroidissement que lorsqu'il doit être immédiatement suivi de la mise en fermentation.

Le moût est refroidi à la température à laquelle, après l'addition de la levure-mère, la fermentation de la levure doit commencer ; par conséquent, jusqu'à la *température* dite *de mise en fermentation.*

Il n'est pas possible d'indiquer une fois pour toutes numériquement ce degré de chaleur, car la température de mise en fermentation dépend de plusieurs circonstances. Ainsi, il faut surtout tenir compte de la température de l'atelier à levure, ainsi que de la concentration du moût-levain. Un moût-levain étendu doit être mis en fermentation à une température plus basse, et plus fortement refroidi tandis qu'un moût concentré, riche en sucre, qui doit aussi atteindre un degré de fermentation proportionnellement plus élevé, sera ensemencé plus chaud. Le distillateur devra également ici déterminer, en se basant sur les enseignements de sa pratique, les températures convenables pour sa distillerie et les conditions qui y règnent.

Le degré de fermentation que la levure doit atteindre, ainsi que la durée de la fermentation elle-même, doivent également être pris

en considération pour la fixation de la température de la mise en levain.

Pour refroidir le moût-levain acide, on se sert surtout de réfrigérants en cuivre, qui avant tout doivent refroidir rapidement, mais doivent aussi pouvoir être facilement soumis à un nettoyage à fond.

Autrefois, on se servait beaucoup de serpentins simples avec tube à section circulaire ou de cylindres à doubles parois que l'on plaçait dans la cuve à levain. On se contentait de faire couler de l'eau froide à travers ces appareils et, à l'aide d'un fourquet, on agitait de temps en temps le moût entourant le réfrigérant, autant que le permettait l'espace libre. La figure 77 représente un réfrigérant à levure dont les tubes aplatis en forme de ruban offrent une section transversale étroite et permettent ainsi une meilleure utilisation de l'eau. Ce refrigérant, comparé à ceux dont il a été question en premier lieu, marque déjà un léger progrès dans la construction. Mais ce procédé de réfrigération était aussi incommode que mauvais, parce que le refroidissement durait souvent des heures et que les températures entre 31 et 45°, favorables au développement de bactéries nuisibles, étaient franchies trop lentement.

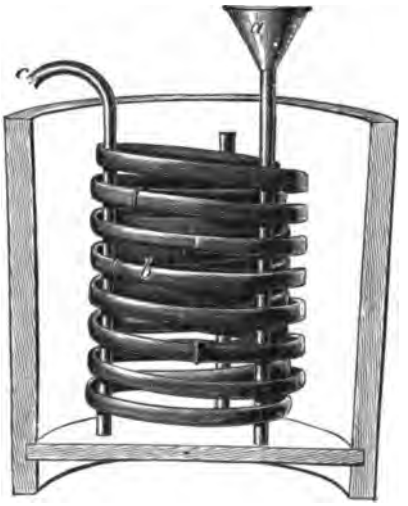


Fig. 77. — Réfrigérant à tubes rubanés pour moût-levain.

Dans le nouveau procédé de réfrigération, qui est en usage dans toutes les distilleries dirigées rationnellement, on se sert de réfrigérants, non pas fixes, mais *mus mécaniquement*. Ces appareils refroidissent promptement les moûts concentrés, par conséquent épais; ils font franchir rapidement les températures critiques au point de vue de l'infection par les schizomycètes et ils utilisent mieux l'eau de réfrigération.

Comme force motrice pour les réfrigérants à levure, on emploie

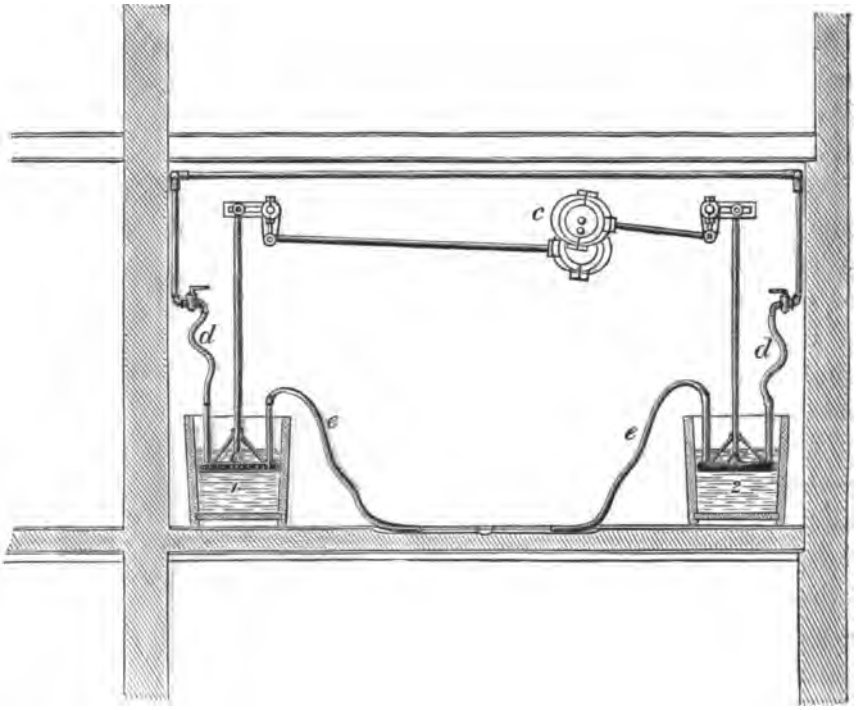


Fig. 78. — Refroidissement du moût-levain au moyen de réfrigérants mus mécaniquement.

des machines à vapeur ou l'eau elle-même qui sert pour la réfrigération.

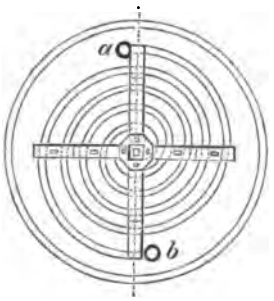


Fig. 79. — Vue en plan de l'un des réfrigérants mobiles de la figure 78.

Il existe toute une série de réfrigérants à levure actionnés mécaniquement ; suivant les conditions de la distillerie, on choisit le dispositif le plus convenable. La figure 78 représente un dispositif à levier et la figure 79 une vue en plan du réfrigérant lui-même ; ce dernier a sur les appareils autrefois en usage cet avantage, que dans ses mouvements ascendant et descendant il parcourt, en le refroidissant, le moût dans toute sa largeur.

Les toutes petites distilleries suspendent tout simplement le

réfrigérant, à l'aide d'un crochet et d'une chaîne, au balancier

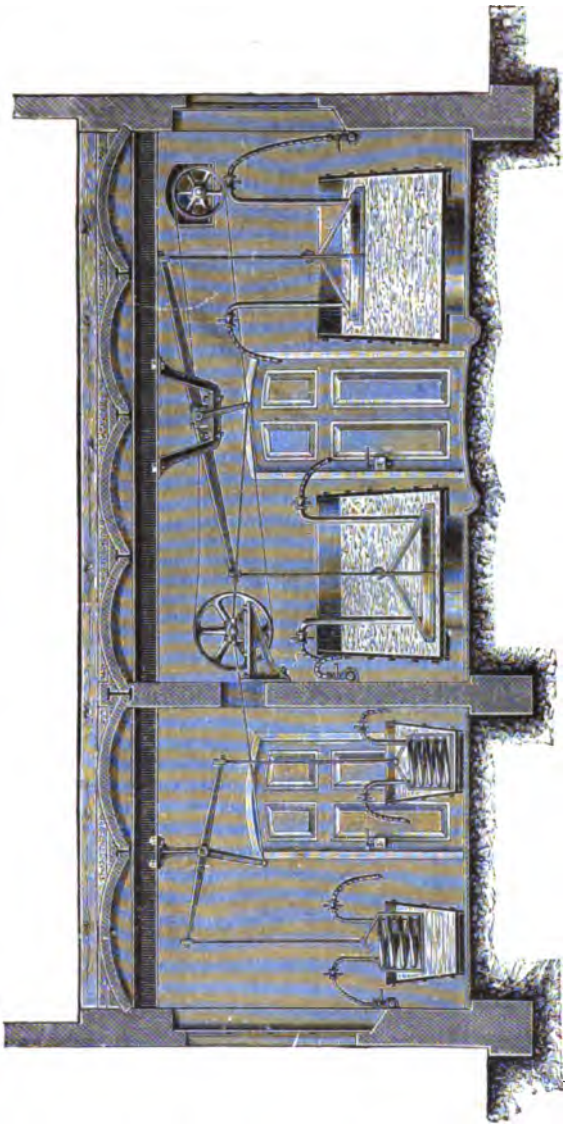


Fig. 80. — Refroidissement du moût et de la levure à l'aide d'appareils mobiles dans les cuves à fermentation et à levain.

d'une pompe, dispositif qui est non seulement peu coûteux, mais remplit aussi complètement le but désiré.

La figure 80 représente l'ensemble des dispositions adoptées dans une usine pour le refroidissement des moûts-levains et des

moûts destinés à la distillation au moyen de réfrigérants mobiles. Le dessin est suffisamment clair pour que l'on puisse se dispenser de donner une description de la figure.

Un pareil dispositif est tout à fait convenable pour les moyennes et les grandes distilleries.

Comme exemple des réfrigérants actionnés par l'eau servant au refroidissement nous citerons l'appareil de Hornung, de Berlin, qui est représenté par la figure 81.

L'eau venant du réfrigérant pénètre dans le levier creux H, à

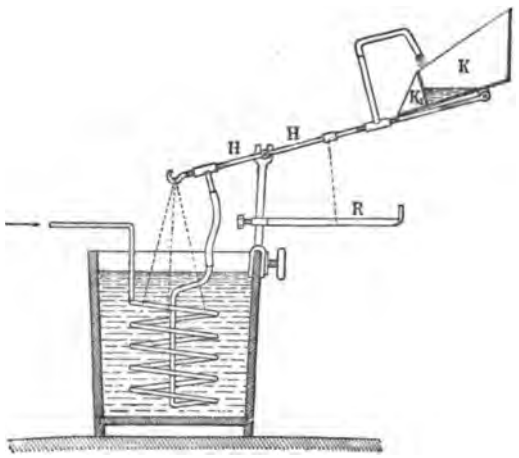


Fig. 81. — Réfrigérant à levure mû à l'aide de l'eau de réfrigération.

bras inégaux, puis se déverse dans le compartiment K d'un vase à bascule, établi excentriquement sur le bras le plus long de ce levier ; lorsque le vase est plein, il s'abaisse avec ce dernier, qui vient alors frapper la tige R servant à limiter sa course et qui peut être élevée ou abaissée à volonté ; par suite de ce choc, le vase bascule et se vide.

Le vase étant ainsi allégé, le réfrigérant qui avait été relevé redescend dans la cuve et l'eau venant du réfrigérant pénètre dans le compartiment K_1 du vase à bascule et redresse ce dernier, après quoi le vase s'étant de nouveau rempli, les mêmes phénomènes se reproduisent.

Indépendamment des quelques réfrigérants que nous venons d'indiquer, il existe encore un grand nombre d'autres bons dispo-

sitifs dignes d'être recommandés, mais dans la description des quels nous ne pouvons pas entrer ici. Nous devons cependant décrire brièvement un appareil particulier dont le fonctionnement ne laisse rien à désirer et qui a été imaginé par Filtz, de Ratibor (Silésie).

Sa construction permet, le réfrigérant étant fixe, de faire

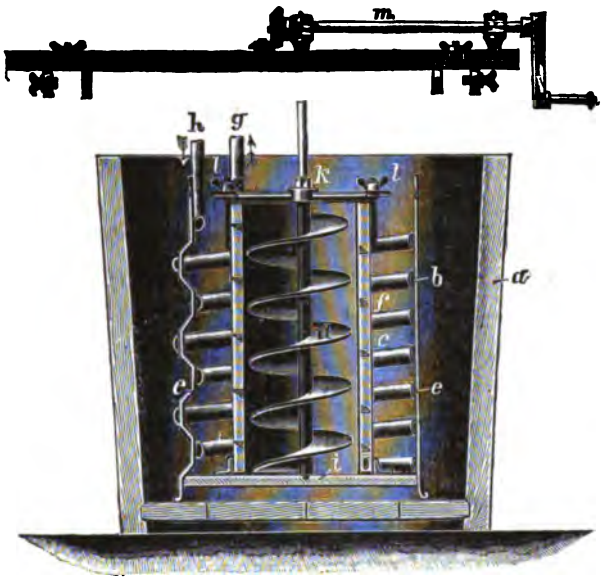


Fig. 82. — Réfrigérant à levure de Piltz.

mouvoir le moût; le réfrigérant sert aussi en même temps pour l'aération et le chauffage de la levure.

a (fig. 82) représente un vase à levure ordinaire, dans lequel trouve place le réfrigérant. Celui-ci se compose de trois parties : du serpentin *b*, formé de tubes plats et supporté par les pieds *e*, du cylindre *c* à doubles parois et de l'hélice rotative *d*. L'eau de réfrigération descend dans le serpentin et remonte par le cylindre à doubles parois, duquel elle s'écoule au dehors. Entre les deux parois du cylindre se trouvent des circonvolutions formant un serpentin. A l'intérieur du cylindre est établie l'hélice, au moyen de laquelle le moût est monté de la partie inférieure de la cuve dans sa partie supérieure; pendant ce mouvement, le liquide est

mis en contact avec la surface interne du cylindre réfrigérant et, passant ensuite par-dessus le bord supérieur de ce dernier, il se déverse sur le serpentin et, après avoir coulé sur les surfaces externes du serpentin et du cylindre, il est de nouveau saisi par l'hélice et remonté. Afin d'augmenter l'action réfrigérante de l'appareil, celui-ci est disposé de telle sorte que l'hélice travaille dans le sens opposé à la direction du courant d'eau dans le serpentin et dans le cylindre.

Si la levure doit être *chauffée*, on fait entrer de la vapeur par le tube *g* dans le cylindre ; cette vapeur s'y condense et, après avoir parcouru le serpentin, elle s'échappe en *h*, sous forme d'eau.

L'eau de réfrigération est amenée au moyen d'un tuyau fixé à vis.

Le refroidissement étant terminé, on sépare l'extrémité du tuyau qui communique avec la conduite d'eau et on la pose sur le sol. Le tuyau est ainsi transformé en un siphon, à l'aide duquel on peut évacuer commodément l'eau qui se trouve dans le réfrigérant, de sorte que l'enlèvement de l'appareil vide ne présente aucune difficulté.

Le *nettoyage* du réfrigérant est très simple. Après avoir desserré les écrous à oreilles *l*, on tourne à gauche la pièce *k*, qui est munie de fentes, et l'hélice peut alors être enlevée. Toutes les parties de l'appareil sont donc facilement accessibles et n'ont besoin que d'être lavées.

Nous ferons encore remarquer que le cylindre et le serpentin, communiquant ensemble, sont solidement unis et reposent sur une croix commune *i*, qui sert aussi de support à l'hélice.

L'appareil est mis en mouvement à l'aide d'un engrenage conique, que l'on manœuvre à la main, par l'intermédiaire de la tige *m*, munie d'une manivelle ; ce dispositif est établi sur un support en fer, muni de vis de serrage mobiles, à l'aide desquelles il est fixé sur la cuve.

L'appareil fonctionne facilement et le refroidissement est suffisamment rapide, ce qui permet de l'actionner mécaniquement à l'aide d'une transmission.

IV. — Ensemencement et développement de la levure.

Lorsque, pendant l'acidification, il s'est formé dans le moût-levain une quantité d'acide lactique non seulement suffisante, mais encore aussi grande que possible, on a coutume de *stériliser* le moût acide en le chauffant pendant une heure à 75-81°. De cette façon, non seulement on atténue l'action des bactéries nuisibles à la fermentation que le moût peut contenir, mais encore le chauffage à 81° enlève toute activité vitale ultérieure au ferment lactique. Par conséquent, tandis qu'un accroissement ultérieur de l'acidité par l'activité du ferment lactique est exclu, l'acide lactique déjà formé reste dans le moût-levain, où il peut exercer son action stimulante sur la force fermentative des cellules de levure. Il faut donc établir ici une distinction précise entre le ferment lactique, c'est-à-dire la petite plante microscopique qui a le pouvoir de former de l'acide lactique aux dépens du sucre, et l'acide lactique lui-même. Le ferment lactique est rendu impropre à une production ultérieure d'acide par un chauffage à 81°, ce que dans la préparation de la levure artificielle on désigne aussi sous le nom de *stérilisation ;* la période de formation de l'acide lactique est donc close, tandis que l'acide précédemment formé reste, après comme avant, dans le moût-levain avec toute son activité.

Lorsque le moût-levain acide est refroidi, on procède *immédiatement à l'ensemencement de la levure-mère dans le moût-levain acide, à la mise en fermentation de la levure*, suivant l'expression du praticien.

J'insiste tout particulièrement sur le mot *immédiatement*, car il existe une très grande différence entre une mise en fermentation pratiquée immédiatement après le refroidissement du moût-levain et l'ancien mode de travail, et en outre un ensemencement immédiat de la levure doit aussi avoir lieu, si l'on veut profiter de l'avantage du chauffage à 81°.

Lorsque la stérilisation du moût-levain a seulement pour but de préparer pour le développement des cellules de levure un milieu aussi exempt que possible de bactéries, il faut aussi faire en sorte,

en évitant scrupuleusement les points morts, que le milieu conserve sa pureté. Dans ce but, on ensemence immédiatement le moût acide refroidi avec la levure-mère, ce qui donne aussitôt lieu au développement des cellules de levure et en même temps met un obstacle à celui des bactéries nuisibles.

La question des *points morts* dans la préparation de la levure artificielle et des moyens de les éviter, question que nous n'avons encore qu'effleurée, offre pour le processus de la fermentation, tel que nous le concevons aujourd'hui, une si grande importance que nous devons en parler ici avec quelques développements.

Nous savons que dans des liquides comme le moût sucré ou mûr ou le moût-levain acide, il n'y a pas d'interruption dans la vie et dans l'activité des microorganismes, c'est-à-dire des petits champignons et des bactéries. Si un moût mis en fermentation avec 62°,50 se refroidit vers 50°, alors apparaît le ferment lactique, auquel succède le développement du ferment butyrique, dès que la température du moût est descendue de 50° vers 37°,50. Lorsque la levure se développe à une température encore plus basse et qu'elle a réalisé la transformation du sucre et la formation de l'alcool, le ferment acétique à son tour est là, tout prêt à agir sur l'alcool formé.

En outre, on sait que tant que le ferment lactique se développe avec vivacité, le ferment butyrique ne peut pas se montrer. Celui qui suit avec attention la marche de la fermentation des moûts et la contrôle peut toujours constater que, la levure fermentant vivement, le ferment acétique ne peut pas arriver à se développer, Si l'on veut obtenir une levure pure et saine, il faut faire tous ses efforts pour maintenir la levure en activité constante dans le liquide où elle doit se former. Partant de cette idée, je pose avec une entière conviction l'axiome suivant : Le meilleur antiseptique, l'agent de désinfection le plus énergique pour nos moûts et leur fermentation pure n'est pas l'acide sulfureux, ou l'acide fluorhydrique, ou la formaline, ou tout autre agent, mais c'est une levure fermentant énergiquement et sans interruption.

Pendant que règnent les points morts, par conséquent dans le moment où la levure ne se trouve pas encore dans les liquides destinés à subir la fermentation, les champignons tombant de l'air

dans le moût ou y pénétrant d'une autre manière s'y développent. Tant que la levure qui se trouve dans le moût fermenté ou dans la levure-mère ensemencée dans un moût froid restera inactive, il s'y implantera des organismes ennemis de la fermentation : dans le premier cas, le ferment acétique, et pour la levure-mère des levures étrangères, certainement nuisibles.

Comme points morts, dans la préparation de la levure artificielle on peut donc signaler ceux dans lesquels il y a en quelque sorte des interruptions dans le travail. De pareilles interruptions existent, par exemple, à partir du moment où l'acidification du moût est terminée jusqu'à la mise en fermentation de ce dernier avec la levure-mère et en outre à partir du prélèvement de la levure-mère jusqu'à l'addition de celle-ci au moût-levain. Dans le travail d'après l'ancienne méthode de préparation de la levure encore pratiquée çà et là, il s'écoule, à partir du refroidissement du moût acide jusqu'à la mise en fermentation de celui-ci avec la levure-mère, un espace de temps de huit à dix heures.

Le moût-levain refroidi reste par conséquent aussi longtemps non ensemencé. Cet espace de temps forme un des points morts, dans lequel, soit par l'intermédiaire de l'air, soit par suite de la malpropreté des vases ou des matières premières, des champignons étrangers, nuisibles à la fermentation, peuvent pénétrer dans le moût et s'y développer.

Ce mode de travail, aujourd'hui reconnu comme défectueux et qui vient d'être décrit comme l'un des points morts, a pour conséquence le deuxième point mort : tant que le moût-levain acide n'est pas mis en fermentation, il est exposé au danger de l'infection, la levure-mère qui se trouve dans le baquet à levain est aussi menacée de l'intrusion de germes ennemis. Mais ici, indépendamment de la teneur élevée en acide, la grande teneur en alcool et la basse température que possède la levure en attendant son emploi atténuent beaucoup le danger d'infection.

D'après ce qui vient d'être dit, tout le monde comprendra combien il est important d'éviter les points morts et par conséquent de mettre le moût-levain acidifié en fermentation immédiatement après le refroidissement.

Des indications exactes relativement au moment et à la tempé-

rature convenables pour la mise en fermentation du moût-levain seront données ultérieurement à l'occasion d'une description spéciale de la préparation de la levure en évitant les points morts.

La manière dont la levure est mise en fermentation varie suivant que l'opération a lieu au début de la campagne ou pendant celle-ci.

Lorsqu'*au début de la campagne on met en train la première fermentation*, cela ne peut naturellement avoir lieu avec de la levure-mère que si l'on a conservé pendant l'été une pareille levure dans un petit tonneau bien clos, dans des bouteilles à champagne ou dans des cruches en grès, ces vases étant placés dans une glacière, qui est le lieu le plus convenable.

Jusque dans ces derniers temps, on conservait encore fréquemment et avec succès de la levure-mère, et surtout lorsque le distillateur attribuait à sa levure artificielle des propriétés tout particulièrement bonnes, sur lesquelles il ne pouvait compter sûrement avec la meilleure autre levure ne provenant pas de cultures pures. En effet, nous savons aujourd'hui d'une manière positive que du champignon de la fermentation alcoolique il existe non seulement *une* race, mais encore un grand nombre, dont chacune possède ses caractères particuliers.

Ce fait, que la brasserie a la première mis à profit, a aussi conduit la distillerie à l'emploi de levure obtenue par *culture de levure pure*. Lorsqu'on eut reconnu que dans les distilleries il se rencontre des races de levure extrêmement différentes, on s'efforça de découvrir une race de levure et de la cultiver à l'état pur, c'est-à-dire non mélangée avec des cellules de levure d'autres races, race dont les propriétés s'adaptaient le mieux aux procédés de préparation des moûts et de fermentation usités dans nos distilleries, qui par conséquent convenait surtout pour la fermentation de moûts concentrés. De pareilles propriétés sont offertes par la levure pure fournie aux distilleries avec la désignation de race II par le laboratoire de culture de levure pure de l'Institut de Berlin. Et dans les localités où l'on peut se procurer en tout temps à l'état frais cette levure avec ses bonnes qualités invariables, la conservation de levure-mère d'une campagne à l'autre pour les raisons indiquées devient par suite inutile.

L'emploi de levure provenant de cultures pures a été adopté en

très peu de temps dans un grand nombre de distilleries de la Bavière, aussi bien pour la première mise en fermentation du moût-levain que pour *rafraîchir* la levure, comme cela est quelquefois nécessaire pendant la campagne. On peut, en faveur de la valeur de la levure de culture pure et de son emploi en distillerie, au sujet duquel on est encore si sceptique, faire remarquer, et personne ne pourra contester cet avantage, que les laboratoires de culture fournissent non seulement une levure fraîche et exempte d'amidon et de bactéries, mais encore toujours des rejetons d'une seule et même race, dont les propriétés sont connues et dont le maniement dans les cuves à levure et à fermentation est déjà au préalable connu du distillateur. En un mot, l'emploi de levure pure, au lieu de levure pressée ordinaire, supprime toute incertitude et dispense de toute expérimentation dans le traitement de la levure artificielle ; la fabrication gagne en uniformité. Et l'uniformité, comme en autres choses, a aussi dans la fabrication de l'alcool une très grande valeur.

L'emploi de la levure pure dans la pratique de la distillerie sera ultérieurement l'objet d'un examen approfondi à propos de la description spéciale des différentes méthodes de préparation de la levure.

Mais, outre la levure pure, on emploie aussi encore fréquemment dans les distilleries de la levure pressée pour mettre en train la fermentation, et l'on prend par 1 000 litres de capacité de cuve à fermentation 1 à 1,5 kg. de levure pressée ; on délaye celle-ci dans de l'eau pure à 20° environ et le lait de levure ainsi préparé sert pour la mise en fermentation du moût-levain acidifié.

Relativement à l'achat de la levure pressée, il faut se faire une règle de toujours se la faire envoyer directement de la fabrique ; malgré le prix un peu plus élevé, cela est encore plus avantageux que d'employer un produit qui se trouve depuis un temps plus ou moins long dans les magasins des confiseurs ou des détaillants et qui souvent ne peut que donner lieu à une mauvaise fermentation dans une série de cuves.

En outre, il ne faut jamais acheter à bas prix la levure pressée : dans 1 kg. de levure à 1 fr. il se trouve souvent, sans qu'on s'en doute, une grande quantité de fécule de pommes de terre, et alors on travaille avec une quantité insuffisante de levure.

Nous avons précédemment attiré l'attention sur la différence de qualité qui existe entre la levure de *culture pure* et la levure pressée *ordinaire* relativement à leur emploi dans la distillerie pour la mise en fermentation.

Nous devons ajouter ici la remarque suivante : un certain nombre de fabriques de levure pressée préparent déjà depuis quelques années, spécialement pour la mise en fermentation dans les distilleries, de la levure pressée pure exempte d'amidon. Si l'on songe que la fabrication de la levure pressée a également beaucoup contribué aux progrès des industries reposant sur la fermentation, que notamment une grande partie de ces fabriques travaillent aussi aujourd'hui avec de la levure de culture pure, on comprendra comment un si grand nombre de distilleries obtiennent d'excellents résultats avec la levure spécialement préparée dans des fabriques pour la mise en fermentation. En Bavière, la fabrique bien connue de Mittsteig, près Passau, fut la première qui offrit aux distilleries pour la mise en fermentation une levure pure préparée avec du malt vert, et je pourrais nommer un grand nombre d'usines qui maintenant travaillent avec cette levure. La levure de la fabrique de Buch, près Nuremberg, compte parmi les distillateurs bavarois de chauds partisans et, ce qu'une longue expérience me permet d'ajouter, avec beaucoup de raison. Dans quelques cas isolés, on travaille aussi exclusivement avec des levures provenant de l'Allemagne du Nord, avec des levures des fabriques renommées de Stettin, de Wandsbeck, de Görlitz, de Werl, etc. Dans ces cas, il faut bien admettre que la race contenue dans la levure pure de Berlin n'a pas répondu à l'attente ; ce n'est donc pas la levure la plus convenable pour ces quelques usines. Ou bien, à la fin, le traitement de la levure pure race II n'a-t-il pas été celui qui convenait ?

[Disons aussi qu'un certain nombre de distilleries, tant en France qu'à l'étranger, emploient avec beaucoup de succès les *levures pures de vin* provenant de l'Institut La Claire du Locle, à Morteau (Doubs), levures qu'ils cultivent eux-mêmes pour leurs besoins journaliers dans un appareil tout à fait aseptique, dont il sera question plus loin (voy. p. 278)].

Les remarques suivantes seront intéressantes pour les distillateurs qui conservent d'une campagne à l'autre de la levure-mère,

soit par convenance personnelle, soit pour d'autres raisons. Une levure-mère conservée dans la glace ou dans une cave profonde ne doit jamais, au début de la nouvelle campagne, être employée directement pour la mise en fermentation du premier moût-levain acide. Car le long repos auquel cette levure a été soumise et pendant lequel elle s'est trouvée sous une forte pression d'acide carbonique, l'a généralement beaucoup affaiblie et elle n'est plus, par suite, en état de développer une activité normale. Il m'est arrivé de trouver plusieurs fois des levures conservées fermentées à 1°-1°,5 Balling avec 2° environ d'acidité ; l'image microscopique n'était pas précisément favorable, car la levure était non seulement fortement infectée de bactéries sphériques, mais encore les cellules de levure elle-mêmes étaient la plupart rétractées.

Il faut tout d'abord produire avec cette levure-mère conservée une fermentation préliminaire, afin de ramener ses cellules à leur énergie primitive. Si lors de cette fermentation on se sert d'un désinfectant, on purifiera en même temps la levure-mère. C'est ce qui résulte des expériences suivantes, dans lesquelles on a fait fermenter à 27°,50 du moût de bière avec une levure-mère conservée, et dans un cas sans antiseptique, dans l'autre avec 25 gr. de fluorure d'aluminium par 100 litres de moût :

Levure-mère conservée mise en fermentation avec du moût de bière à 13°,5 Balling.

DURÉE de la fermentation.	SANS ANTISEPTIQUES			AVEC 25 GR. DE FLUORURE d'aluminium par hectolitre.		
	Saccharomètre p. 100.	Acidité p. 100.	Alcool p. 100.	Saccharomètre p. 100.	Acidité p. 100.	Alcool p. 100.
24 heures . .	Pas encore de fermentation sensible.			Pas encore de fermentation sensible.		
48 — . .	9,5	»	»	6	»	»
60 — . .	6,2	2	4	3	0,7	5,8
Microscope. .	Peu de cellules de levure ; un grand nombre de bactéries et ferments lactiques.			Image assez pure.		

L'action favorable de l'addition de fluorure d'aluminium n'est pas douteuse ; ce désinfectant, d'après les expériences effectuées par moi depuis deux ans, tant dans le laboratoire que dans la pratique, est appelé à jouer un grand rôle dans la préparation de la levure artificielle.

Faisons remarquer incidemment que l'on peut aussi conserver d'une campagne à l'autre du moût-levain acide et de la même manière que de la levure-mère. Mais depuis que l'Institut de Hohenheim a inauguré la culture pure d'un champignon lactique particulier offrant des propriétés acidifiantes énergiques, le *Bacillus acidificans longissimus*, et que d'autres stations l'ont imité, la conservation du ferment lactique d'une campagne à l'autre a également beaucoup perdu de son importance. On peut donc actuellement se procurer en tout temps du ferment lactique convenable.

Un grand nombre de distilleries de peu d'importance n'emploient ni levure artificielle, ni levure pressée pour la mise en fermentation des moûts ; elles ont recours à la *levure de bière*, dont on se servait autrefois partout exclusivement. On ne peut pas nier que le travail avec de la levure de bière offre aussi des avantages : par exemple, la levure de bière est généralement moins chère ; son emploi en distillerie est simple, tandis que celui de la levure artificielle exige une surveillance attentive pendant vingt-quatre heures et un contrôle incessant, et suppose en outre un distillateur très expérimenté.

Mais il faut aussi songer aux inconvénients qui peuvent résulter de l'emploi de la levure de bière dans la distillerie ; par exemple, les différences de qualité de la levure de bière qui entraînent naturellement des variations dans la fabrication, abstraction faite de ce que l'emploi de la levure de bière met la distillerie sous la dépendance de la brasserie. Le transport et la conservation de la levure de bière occasionnent souvent, surtout dans la saison chaude, les perturbations les plus sérieuses. Enfin, la levure de bière provoquant rapidement la fermentation du moût et donnant promptement lieu à une fermentation principale tumultueuse, produit fréquemment une fermentation tout à fait insuffisante, ce qui naturellement entraîne des pertes plus ou moins grandes.

Néanmoins, nous parlerons ultérieurement des précautions qu'il

faut prendre pour obtenir avec la levure de bière des résultats tout à fait satisfaisants.

Il y a peu à dire sur la mise en fermentation du moût-levain acidifié et refroidi *pendant la campagne*, en admettant le travail avec la levure artificielle. Pour la mise en fermentation, on emploie la levure-mère conservée dans le baquet à levure à 10°-12°,5, ou bien dans le vase à levure chargé de levure-mère, on prélève, en évitant de se servir du baquet, la quantité de levure convenable et on l'ajoute directement au moût-levain acidifié.

Nature de la levure et sa propagation. — Nous devons, à cette place, donner quelques indications sur la *nature de la levure* et sa *propagation*, du moins en ce qui concerne ce que doivent absolument connaître ceux qui s'occupent pratiquement à n'importe quel titre de l'industrie de la distillation.

Pour qu'une fermentation réussisse et qu'il se produise de nouvelle levure, la présence de sucre, de corps albuminoïdes, de substances minérales, surtout d'acide phosphorique et de potasse, et de *levure* est nécessaire. Avec cela se pose la question : *D'où provient la levure ?* La réponse à cette question nous éclaire de la manière la plus simple sur la nature de la levure. En effet, comme celle-ci est une plante, elle provient de semences, de spores ou cellules germinatives. Il ne peut donc pas être produit de levure dans un liquide, si ce dernier ne renferme pas au moins *une* cellule de levure ou une spore, analogues à celles qui permettent la propagation d'autres plantes inférieures. La première cellule, par laquelle commence la formation de la levure, a été antérieurement absorbée par le liquide lui-même dans des circonstances favorables, ou bien elle provient de l'air, de l'atmosphère, qui, on le sait, renferme des quantités variables de spores ou semences de plantes microscopiques, comme des levures, des bactéries, etc.

On sait, par exemple, que le jus de raisin entre en fermentation spontanément et sans addition de levure ; ici, la levure provient de la surface des grains de raisin, sur lesquels se trouvent toujours des spores. La présence dans l'air de germes ou de spores les plus différents est si générale qu'un contact seulement momentané de liquides fermentescibles suffit pour faire pénétrer des germes dans

ces derniers. Si nous faisons abstraction des conditions générales et si nous considérons les conditions spéciales de la distillerie, il se développera dans les liquides fermentescibles, suivant la nature de ces germes, des organismes de caractère favorable ou nuisible à la fermentation. Dans ce dernier cas, il s'agit donc de ce qu'on appelle une infection. Celle-ci, comme il est facile de le comprendre, empêche qu'il se produise une fermentation pure, c'est-à-dire qu'il se forme une quantité d'alcool aussi grande que possible, et en outre agit défavorablement sur l'activité ultérieure de la levure.

Comme la préparation de la levure artificielle et la fermentation de nos moûts ont lieu dans des vases non hermétiquement clos, mais généralement dans des vases ouverts ; il est aisé de voir combien est grand le danger d'infection de la levure et du moût par l'air impur, chargé de spores.

La levure, telle qu'elle se sépare, par exemple, pendant la fermentation de la bière, se présente sous la forme d'une bouillie épaisse, de couleur blanc jaunâtre, ayant une odeur et une saveur de bière et rendue poreuse par de petites bulles d'acide carbonique. Après avoir été débarrassée par lavage des bulles de ce gaz et de la bière, et comprimée, elle forme une masse pâteuse. Un examen au microscope montre que cette levure se compose de cellules transparentes plus ou moins ovales. Cette petite plante unicellulaire est limitée par une membrane, qui dans les cellules saines et non encore aptes à fonctionner est extrêmement mince, mais qui dans les cellules mourantes ou déjà mortes est si épaissie que l'œil armé du microscope la distingue avec une grande netteté. Dans les cellules vivantes et saines, la membrane cellulaire renferme un protoplasma écumeux, finement granuleux, qui remplit uniformément tout l'intérieur de la cellule. Lorsque la cellule meurt, le plasma primitivement finement granuleux devient grossièrement granuleux ; il se détache de la paroi de la cellule et se condense vers l'intérieur de celle-ci.

Ces quelques indications suffisent pour montrer toute la valeur du microscope comme moyen de contrôle pour ceux qu'intéresse la distillerie.

La *multiplication* des cellules de levure n'a pas lieu par fécon-

dation, mais par bourgeonnement : une cellule en voie de multiplication forme une petite excroissance et y déverse de son contenu.

Cette excroissance se développe jusqu'à ce qu'elle ait atteint la grosseur de la cellule-mère, elle se sépare ensuite de celle-ci et, comme la cellule-mère libre, elle est maintenant à son tour en état de produire des bourgeons, de se multiplier.

La fécondité de la cellule mère ne se borne pas à la production d'un seul bourgeon ; les conditions de température et de nutrition continuant à être favorables, il se forme de nouvelles cellules de levure, jusqu'à ce qu'il se soit produit le nombre de cellules possible dans la quantité de liquide où a lieu la multiplication. Plus est grande la quantité de levure ensemencée, plus tôt est achevée la formation des cellules nouvelles et inversement.

Fig. 83. — Levure haute en voie de bourgeonnement.

La figure 83 représente l'image microscopique d'une levure de distillerie en voie de bourgeonnement.

Tandis que les cellules de levure ne se *multiplient* généralement dans les moûts que jusqu'à 12°,50, à des degrés de chaleur plus élevés le pouvoir multiplicateur diminue de plus en plus et fait place au pouvoir fermentatif de la levure, c'est-à-dire à la transformation du sucre en alcool et acide carbonique. En observant certaines températures, on a pu, jusqu'à un certain degré, faire agir, séparément de l'autre, l'une des propriétés de la levure. La manière dont la fermentation de la levure artificielle et du moût est conduite prouve suffisamment qu'à de basses températures il n'y a, ici comme là, qu'un faible dégagement d'acide carbonique et qu'une très lente élévation de température ; c'est la période de multiplication de la levure ; de 22°,50 à 23°,75 le tableau change : la surface du moût se soulève et s'abaisse, le dégagement de l'acide carbonique et l'élévation de la température du moût deviennent de plus en plus grands ; la multiplication de la levure

est pour ainsi dire complètement arrêtée et remplacée par son activité fermentative.

On sait que l'*afflux de l'air* est favorable à la multiplication de la levure. Si l'on veut faire arriver de l'air au contact de la levure en fermentation, il ne faut pas enlever complètement le couvercle du vase à levure, mais seulement le soulever au moyen d'un bloc en bois.

L'alcool à certains degrés de concentration empêche la multiplication de la levure et son activité fermentative. Lorsque dans un liquide en fermentation il s'est formé 5 volumes p. 100 d'alcool, la multiplication de la levure est arrivée à sa fin ; mais son pouvoir fermentatif n'est pas encore du tout affaibli. Ce n'est que lorsqu'il s'est formé 9 à 10 volumes p. 100 d'alcool que le pouvoir fermentatif de la levure offre un affaiblissement très sensible et il n'y a que les levures choisies et cultivées d'une manière spéciale à l'aide desquelles il est possible d'obtenir une teneur en alcool de 12 p. 100 en volume.

Les observations faites jusqu'à ce jour, sur le développement, la multiplication et le travail des cellules de la levure se rapportent en tous points à la nature végétale de ce ferment. On pensait aussi généralement jusqu'ici que le processus de la fermentation ne consistait point en une décomposition chimique du sucre, mais dépendait intimement de l'organisme de la levure vivante, sans lequel la fermentation ne pouvait avoir lieu. Les expériences effectuées dans ces derniers temps par Büchner[1] ont montré d'une manière positive qu'une substance non organisée formée dans la cellule vivante, la *zymase*, peut produire, indépendamment des cellules de levure, le dédoublement du sucre. Büchner est, en effet, parvenu à extraire de la levure, à l'aide d'une forte presse hydraulique, un suc qui par la zymase qu'il renferme peut produire la fermentation.

Il est encore actuellement difficile de prévoir quelle influence cette importante découverte exercera ultérieurement sur l'industrie de la fermentation.

[1] Voy. *la Distillerie française*, année 1897, nos 672 et 673.

V. — Durée de la fermentation et degré de maturité de la levure.

La fermentation de la levure peut durer un temps plus ou moins long, suivant que l'on met le moût-levain acide plus ou moins promptement en fermentation avec la levure-mère. Est-on fixé sur la durée de la fermentation, on a encore à considérer les deux points suivants :

1° La teneur en sucre du moût-levain et

2° La température nécessaire pour la mise en fermentation.

La préparation de moûts-levains clairs, c'est-à-dire peu concentrés, marquant environ 14 p. 100 au saccharomètre de Balling, comme elle était pratiquée en Allemagne il y a un petit nombre d'années, exigeait en général, avec une température de mise en levain en moyenne peu élevée, une durée de fermentation de 10 à 14 heures, pendant lesquelles la moitié ou un peu plus de la moitié de la teneur en sucre primitive était détruite par la fermentation. Il ne se produisait alors, on le comprend, qu'une faible élévation de température dans le liquide en fermentation.

Mais lorsqu'on eut appris à reconnaître et apprécier l'action épurante et conservatrice d'une teneur élevée en alcool dans la levure, les distilleries allemandes se mirent à préparer un moût-levain aussi concentré, aussi riche en sucre que possible, qui naturellement exigea un autre traitement. Des moûts-levains avec une concentration de 22 à 24° B. sont maintenant mis généralement en levure avec une température de 12°,50 à 15° et abandonnés à la fermentation pendant vingt à vingt-quatre heures.

Comme conséquence naturelle de ce mode de travail, on a une fermentation de la levure beaucoup plus intense qu'autrefois, et son échauffement est aussi plus grand ; on se plaît même à laisser fermenter la levure de la concentration précédente jusqu'à 3-4° Balling.

Il faut faire en sorte que la levure en fermentation ne s'échauffe pas au delà de 30° ; si c'est nécessaire, on place dans la cuve un réfrigérant à levure et l'on y fait passer un peu d'eau.

Relativement au *degré de maturité de la levure*, nous avons également acquis dans ces dernières années des données plus exactes.

Autrefois, on décidait la maturité de la levure uniquement d'après la quantité pour cent de sucre qui avait fermenté dans le moût-levain. Si la moitié ou un peu plus de la moitié du sucre avait fermenté, la levure était regardée comme mûre et employée après le prélèvement de la levure-mère.

Cette méthode d'appréciation est insuffisante et même, comme moyen pratique, elle ne convient pas du tout pour l'industrie, si l'on songe que lors de la fermentation du sucre le degré de la température joue un rôle beaucoup plus grand que la multiplication de la levure ; celle-ci, comme on le sait, peut en présence d'une teneur élevée en alcool, cesser beaucoup plus tôt que l'activité fermentative. Nous savons en outre que plus la quantité de levure ensemencée est grande, plus tôt aussi est atteint le point final de la formation de la levure et que dans un moût-levain peu concentré il se développe en certaines circonstances une quantité de levure plus grande que dans un moût plus riche en sucre.

Résumant tout ce que nous venons de dire, nous poserons l'axiome suivant :

La levure est mûre et le prélèvement de la levure-mère doit avoir lieu avant que son accroissement soit complètement terminé, c'est-à-dire avant que la levure ait absorbé toutes les matières nutritives.

Et le distillateur praticien fera ce raisonnement :

Bien que la multiplication des cellules de levure soit terminée et que dans la levure en fermentation il se soit formé environ 5 p. 100 d'alcool, une continuation de la fermentation de la levure est cependant désirable, parce qu'à mesure que la teneur en alcool augmente, on a plus de chance d'obtenir une levure pure, exempte de bactéries et de cellules faibles.

Si maintenant l'enseignement de la pratique montre que la teneur en alcool de la levure mûre doit toujours être de 8 p. 100, il est facile de calculer quel degré de fermentation doit atteindre une levure artificielle ayant primitivement une concentration de 22 à 24° Balling. La pratique a également suffisamment montré que, pour la fabrication, il est moins dangereux d'employer une

fois par hasard une levure trop mûre qu'une levure qui ne l'est pas.

En outre, les propriétaires des distilleries et les directeurs de la fabrication ne doivent pas oublier que, malgré l'exemption d'impôt dont jouissent les vases à levure, une levure aussi concentrée que possible contribue directement à l'utilisation parfaite de la capacité des cuves à moût qui est soumise à l'impôt.

VI. — Prélèvement de la levure-mère et sa conservation.

Du moût-levain mûr, qui doit contenir encore 2 p. 100 au moins de sucre fermentescible, on prélève chaque jour une certaine quantité pour servir de *levure-mère*, c'est-à-dire pour mettre en fermentation le prochain moût-levain. Comme maintenant la levure n'a pas toujours atteint l'état de maturité juste au moment où le moût-levain doit être mis en fermentation, il faut apporter tous ses soins à la conservation de la levure-mère mise en réserve dans le baquet, de façon qu'elle demeure inaltérée jusqu'au moment de son emploi, c'est-à-dire qu'elle ne perde pas de sa force fermentative et ne soit pas contaminée par des schyzomycètes.

Pour conserver cette levure, on se sert, comme on l'a dit, du *baquet à levure-mère* (dont, en Allemagne, la grandeur est fixée par la loi à la dixième partie de la capacité de tous les vases à levain ; si, par exemple, il y a trois de ces vases ayant chacun une capacité de 100 litres, le baquet à levure-mère doit avoir 30 litres de capacité). Ce récipient est ordinairement en cuivre étamé, qui est la matière la plus convenable ; il ne doit jamais être en bois, qu'il est toujours difficile de maintenir parfaitement propre. Dans ce vase, qui doit être muni d'un *couvercle fermant bien*, également en cuivre étamé, la levure-mère est conservée, jusqu'au moment de son emploi, à une température ne dépassant pas 12°,50 ; le moyen le plus simple pour maintenir la levure au-dessous de cette température consiste à placer le baquet dans un réservoir où circule de l'eau froide. Si, au printemps ou en été, la température de l'eau est supérieure à 12°,50, il est absolument nécessaire

d'employer de la glace, si l'on ne veut pas s'exposer, au bout de peu de temps, à une rétrogradation sensible dans la fermentation des moûts.

Au point de vue du refroidissement et de l'exclusion de l'air avec ses germes nuisibles, un récipient à levure de forme annulaire est plus pratique. On utilise ainsi plus avantageusement l'eau de réfrigération (la levure étant refroidie en même temps, extérieurement et intérieurement) et l'on arrive à l'exclusion indispensable de l'air, en faisant plonger dans l'eau les rebords du couvercle du vase également de forme annulaire et s'emboîtant exactement sur ce dernier.

Rappelant le souvenir de ce que nous avons déjà dit précédemment relativement aux *points morts* dans la préparation de la levure artificielle, nous ferons remarquer à cette place que l'on tend de plus en plus à éviter complètement l'emploi du baquet à levure-mère et par suite à *mettre en fermentation* le moût-levain acidifié et refroidi avec la quantité correspondante de *levure mûre prise directement dans le vase à levain*. Les résultats de ce mode de travail militent en faveur de sa généralisation; il faut seulement faire en sorte que la maturité de la levure coïncide avec le refroidissement du moût-levain acide à mettre en fermentation.

Autrefois, on avait coutume, après le remplissage du baquet à levure-mère, par conséquent après le prélèvement de celle-ci, de *renforcer* encore la levure-mère restant dans la cuve à levain, c'est-à-dire de la mélanger avec du moût sucré frais, pris dans la cuve-matière, et de l'abandonner ensuite à elle-même pendant une heure environ avant de s'en servir. Si l'on songe que la concentration du moût-levain s'élevait autrefois à 14, tout au plus à 16 p. 100 au saccharomètre, le renforcement du moût était fait en réalité pour abaisser (au-dessous de 5 p. 100) la teneur en alcool de la levure, de façon à permettre une nouvelle multiplication de celle-ci aux dépens de la nouvelle matière nutritive, c'est-à-dire du sucre, ajoutée au moût.

La préférence que depuis quelque temps on donne, avec raison, aux moûts-levains *riches en sucre* rend absolument inutile le renforcement de la levure-mère, car d'une part la levure ne manque pas de nourriture (maltose), et d'autre part l'alcool déjà formé ne

serait pas suffisamment dilué pour provoquer une nouvelle multiplication de la levure. C'est pour cela qu'avec des levures concentrées on supprime complètement le renforcement, mais on a soin que la saccharification et l'acidification aient lieu à des températures élevées, et une fois l'acidification achevée, on stérilise le moût en le chauffant à 75-81°; enfin, on procède immédiatement à la mise en fermentation à une température relativement basse et l'on fait en sorte que la levure fermente largement.

VII. — Méthodes de préparation des espèces de levures artificielles les plus employées.

Dans les pages précédentes, nous avons suivi pas à pas les différentes phases de la préparation de la levure artificielle et donné un exposé complet des principes d'après lesquels, dans une distillerie travaillant rationnellement, on doit actuellement procéder dans l'atelier aux levains.

Sans vouloir le moins du monde donner une recette que, dans la pratique, on doive suivre de point en point, je vais cependant décrire dans les pages suivantes les espèces de levures artificielles les plus employées, en fournissant sur la concentration le degré d'acidité, la température, etc., des indications, qui seront pour le lecteur une image aussi complète et aussi concise que possible de la manière dont doit être conduite la préparation de la levure et serviront en même temps d'exemple de cette préparation.

Parmi les différentes espèces de levures artificielles, le praticien choisira la plus convenable pour les conditions dans lesquelles il se trouve.

a. Levure de malt vert.

Autrefois très en usage, cette levure est beaucoup moins employée depuis quelques années, car c'est une levure chère, ensuite elle utilise peu la capacité imposée, parce qu'elle ne marque que 15 à 17 p. 100 au saccharomètre, et enfin, d'après les idées nouvelles exposées en détail dans les pages précédentes, la préparation et le traitement d'une pareille levure diluée ne peuvent plus, en considération du danger d'infection par des germes de

putréfaction, être regardés comme rationnels. Malgré cela, la levure de malt vert pure n'est nullement tombée dans l'oubli; en effet, au début de la campagne, lorsqu'on n'a pas encore à sa disposition des moûts sucrés de pommes de terre ou de céréales, ensuite quelquefois pendant le cours de la fabrication, par exemple lors de la mise en fermentation d'une nouvelle levure, puis lors du travail de pommes de terre tout à fait pourries ou d'un maïs avarié, dans lequel l'emploi du moût sucré pour la préparation de la levure est exclu, on peut encore se servir de levure de malt vert. C'est pour cela que nous allons donner une description de cette levure, telle qu'elle était autrefois exclusivement préparée en Allemagne.

La préparation de la levure a lieu quarante heures environ avant celle du moût, pour lequel elle doit trouver emploi comme agent de fermentation, vers trois ou quatre heures de l'après-midi. Par hectolitre de capacité de cuve à fermentation, on met dans le vase à levure 500 grammes de malt vert concassé, on ajoute de l'eau à 16° (1/6 de litre par 500 gr. de malt) et l'on fait brasser la masse par deux ouvriers, de façon à obtenir un mélange bien homogène. On ajoute ensuite de l'eau à 87-94°, en quantité double de celle qui a été employée précédemment, on brasse encore avec beaucoup de soin à l'aide du fourquet et on abandonne la masse à elle-même pendant une heure au moins à 64-66°, afin que la saccharification se produise. Pour qu'il se développe une grande quantité d'acide lactique, on enlève le couvercle du vase à levure ou mieux encore on ne fait que le soulever et l'on maintient la température de 50° au moins convenable pour l'acidification, en ayant au besoin recours au fourquet à vapeur. Le jour suivant, vers cinq heures du matin, on procède au refroidissement du moût-levain en y plaçant un réfrigérant à levure, lorsqu'on s'est assuré que le liquide présente le degré d'acidité convenable (1°,8 à 2°,2 à l'acidimètre), après qu'il a été refroidi à la température de fermentation, on abandonne le moût à lui-même jusqu'au soir, ou bien on le met immédiatement en levain avec de la levure-mère et ensuite on le refroidit à la température convenable. La teneur en sucre du moût-levain, qui s'élève en moyenne à 15-17° Balling, s'abaissera pendant la fermentation de la levure jusqu'à environ 7 à 8°

Balling. Sur le moût-levain mûr, préalablement brassé avec soin, on prélève maintenant la levure-mère.

b. **Préparation d'une levure de moût sucré et de malt vert, en évitant les points morts, employant du bisulfite de chaux comme désinfectant et suracidifiant avec du moût-levain acidifié.**

La levure préparée d'après le procédé indiqué par *Brauer*, dans lequel on tient compte des idées nouvelles, est obtenue sans aucune addition d'eau de la manière suivante : par hectolitre de capacité du vase à levure, on emploie environ 50 litres de moût sucré dépelé ou tamisé, 5 litres de moût-levain acidifié, 12 litres de vinasse et 2 kg. 1/2 de malt vert concassé. On brasse le tout avec soin et ensuite on ajoute 60 à 80 centimètres cubes de bisulfite de chaux par hectolitre de capacité du vase à levure. On abandonne ce mélange à lui-même, pendant quatre à six heures, à une température de 56 à 60°, de façon à obtenir une saccharification aussi complète que possible. On réchauffe ensuite à 75° et on maintient à une température supérieure à 50°, jusqu'à ce qu'on commence à refroidir. Mais comme les vases à levure sont tout à fait pleins, on remplit, afin de gagner de l'espace, le baquet de levure-mère avec le moût-levain chaud. Avec ce moût-levain acide et chaud a lieu le renforcement à 30-31° de la levure restée dans le vase après le prélèvement de la levure-mère. Cette levure s'échauffe de 11-12°,50 à 26-27°,50 et elle fermente de 20-22° Balling à 3-6° Balling.

Par suite de l'addition d'un désinfectant, et aussi de la température élevée à laquelle a eu lieu l'acidification, la teneur en acide de cette levure est faible ; le moût-levain ne marque à l'acidimètre que 0°,8 à 1°,2 ; pendant la fermentation de la levure, la teneur en acide n'augmente pas du tout ou seulement de 0°,2 environ.

Je vais exposer avec un peu plus de détails les avantages que présente ce procédé de préparation de la levure, au premier abord un peu compliqué. Le praticien pourra trouver dans cet exposé de précieuses indications.

Le mélange de moût sucré, de malt et de vinasse peu chère apporte à la levure en quantité suffisante toutes les matières nutritives qui lui sont nécessaires ; par suite de la longue durée accor-

dée à la formation du sucre (quatre à six heures) à des températures favorables à l'activité de la diastase, la saccharification est poussée si loin que la majeure partie des dextrines est transformée en maltose et une nourriture parfaite est ainsi préparée à la levure ; par l'addition de vinasse, il est apporté de l'acide lactique, ainsi que d'excellentes matières nutritives. L'addition du moût-levain acide ensemence des ferments lactiques, qui, pendant la longue durée de la saccharification, à des températures qui leur sont tout à fait favorables, prennent déjà un assez grand développement, et enfin l'addition de bisulfite de chaux, qui notamment aux températures élevées constitue un énergique antiseptique, rend tout à fait impossible l'introduction d'organismes nuisibles pendant la saccharification, qui est toutefois un peu retardée dans le moût-levain par l'abondance des acides. Bien que dans la suite la diastase encore présente soit anéantie par le chauffage à 75°, la perte n'est pas grande, la quantité de malt ajoutée étant extrêmement petite, tandis qu'à ces températures les organismes nuisibles qui peuvent encore être présents dans le moût-levain sont détruits ou du moins rendus complètement inoffensifs. Pendant la nuit, des organismes nuisibles peuvent être apportés par l'air dans le vase à levure, même couvert. Mais la haute température d'acidification s'oppose au développement de ces germes ; les acides présents agissent aussi dans le même sens.

Dans ce mode de préparation de la levure artificielle, les points morts sont franchis de la manière suivante : le refroidissement du moût-levain est commencé à 50° et les températures nuisibles (30 à 40°) sont franchies rapidement au moyen d'une réfrigération énergique. La mise en fermentation avec la levure-mère a lieu à 31°,25, de façon que la levure entre immédiatement en pleine activité aux températures favorables et que, malgré le refroidissement à 11°,25-12°,50, cette activité se continue avec la même intensité.

A ces basses températures, les bactéries qui ont pu s'introduire dans le moût sont peu viables ; elles sont plutôt étouffées par la levure déjà fortement développée.

Si l'on ne conserve pas de levure-mère dans le baquet à levure, on supprime également les temps d'arrêt indiqués comme points

morts, dans lesquels la pureté de la levure serait de nouveau fortement altérée par des organismes provenant de l'air, comme par la formation inévitable d'acide acétique. Le renforcement de la levure avec du moût-levain acide a l'avantage de ne pas y introduire de bactéries nuisibles. Lors du renforcement avec du moût sucré provenant de la cuve-matière, il n'en est pas ainsi, car ce liquide renferme les champignons adhérents au malt qui n'ont pas encore été tués par les hautes températures.

Le procédé suivant, qui est analogue à celui qui vient d'être décrit, mais dans lequel on n'emploie pas d'acide sulfureux, sera tout à fait convenable pour un grand nombre d'usines : par 100 litres de capacité de vase à moût-levain, on prend 7,5 à 10 kg. de malt vert deux fois concassé et du moût sucré simplement tamisé et on remplit le vase à levure jusqu'à 6 à 8 cm. environ, en délayant le malt directement dans le moût, s'il n'y a pas d'appareil mélangeur. Après addition de trois ou quatre litres de moût-levain acidifié (par 100 litres de capacité de vase à levure), on chauffe le tout à 65° à l'aide de vapeur, et au bout de 10 à 15 minutes on refroidit la masse à 60°, on la porte dans le vase à levure, où on la laisse pendant longtemps, après avoir couvert le vase. Si le moût-levain en voie d'acidification s'est refroidi à 52°,5, on réchauffe de nouveau à 60° (à l'aide du fourquet à vapeur). Maintenant le moût-levain reste couvert jusqu'au lendemain matin six heures; il est ensuite chauffé de nouveau à 72°,5-75°, après quoi il est refroidi et additionné de levure-mère à la température de 30°. Le moût ainsi mis en levain est refroidi à environ 12°,50-15° et ainsi abandonné à la fermentation. La concentration du moût-levain s'élève en moyenne à 22 p. 100; son acidité à environ 2°,2 à 2°,4 à l'acidimètre. Pendant une fermentation de vingt heures environ, la concentration s'abaisse à 5 p. 100 environ, tandis que la température monte à 30°. La levure-mère est maintenant prélevée, refroidie à 15° et additionnée de moût-levain acide.

L'élimination des drèches du moût sucré est nécessaire pour différentes raisons : d'abord, le dépelage rend le moût-levain si fluide que la levure fermente beaucoup plus fortement. En second lieu, lorsqu'on emploie de mauvaises matières premières (pommes

de terre, maïs), on évite ainsi le contact de la levure avec les particules de matières malades et infectées. On élimine les drèches en passant le moût à travers un tamis placé au-dessus du vase à levure, ou plus simplement en se servant du dépeleur de Hesse.

Cet appareil se compose d'un tamis cylindrique établi dans la cuve-matière, qui laisse écouler le moût dépelé par un robinet adapté dans la paroi de la cuve. Les trous du tamis, qui ont 4 mm. de largeur, retiennent, outre les drèches, les fragments de pommes de terre malades et pourris. Le principal avantage de ce dispositif consiste en ce qu'il permet d'obtenir un moût chaud, et en outre, pendant le tamisage ou la filtration il ne peut pas se produire de contamination par les bactéries de l'atmosphère.

c. Préparation de levure avec économie d'eau.

Afin de réduire autant que possible la quotité de l'impôt, on peut, lors de la préparation du moût-levain, remplacer l'eau chaude employée pour atteindre la température de saccharification par du moût fraîchement saccharifié ; on obtient ainsi un moût-levain préparé avec beaucoup de moût et peu de malt.

Dans ce mode de préparation du moût-levain, qui du reste a lieu exactement d'après la méthode autrefois généralement usitée, il est difficile d'atteindre la température de saccharification, et ici l'observation d'une température d'acidification aussi élevée que possible présente aussi des difficultés, malgré le haut degré de concentration de pareils moûts-levains. C'est pour cela qu'il est convenable, aussi bien dans ce mode de préparation du moût-levain que dans ceux avec addition d'eau, de se servir du dispositif de vaporisation, qui a déjà été précédemment recommandé pour le nettoyage des vases à levure. Lorsque le vase à levure a été vaporisé, on procède à la préparation du moût. Lors du remplacement de l'eau par du moût, on ne verse dans le vase à levure vaporisé qu'une petite portion de moût, auquel on ajoute ensuite le malt. On lave avec soin pendant un temps suffisant, et maintenant, au lieu d'eau, on ajoute la quantité correspondante de moût. A la fin de l'opération ainsi conduite, la température de 61°,25-63°,75 nécessaire pour la saccharification ne sera que très rare-

ment atteinte. Pour obtenir cette température, on se sert d'un fourquet à vapeur.

La vapeur qui s'échappe par les petits trous pratiqués dans le métal de la partie inférieure du fourquet permet d'arriver en quelques minutes à la température désirée. Il faut avoir bien soin de ne tourner que lentement la soupape de vapeur et de ne pas consommer de la vapeur inutilement, parce que sans cela il arrive fréquemment que subitement on dépasse beaucoup la température de saccharification et avec cela on brûle le malt et on affaiblit le ferment lactique.

d. Levure de vingt-quatre heures.

Il arrive parfois que la préparation de la levure de deux jours ne peut pas être bien conduite, surtout lorsque l'atelier des levains est défavorablement orienté vers le nord ; en outre, lorsqu'il est trop grand et trop élevé et qu'il ne peut pas être suffisamment réchauffé artificiellement. Dans ces conditions, la préparation d'une levure de vingt-quatre heures, généralement avec du malt vert et de la farine de seigle, est tout à fait indiquée. On procède à cet effet de la manière suivante :

On empâte vers 6 heures du matin à 65° et l'on abandonne le moût à la saccharification pendant une heure et demie à la température de 60°. Le moût-levain est ensuite immédiatement refroidi à la température d'acidification de 50° et il est maintenu pendant douze heures entre cette température de 50° et 47°,50 à l'aide d'un réchauffeur, après quoi a lieu un refroidissement rapide, suivi de l'addition de la levure-mère.

La levure est mise en fermentation à la température de 15°,25 environ et lorsque la maturité est arrivée, elle est renforcée avec du moût sucré à 30° environ.

En employant, lors de l'empâtage, du moût-levain déjà acidifié, on parvient à porter la teneur en acide à un degré aussi élevé que possible, ce qui en toutes circonstances est avantageux.

Les fermentations obtenues avec cette levure sont toujours inférieures à celles que produit la levure de quarante-huit heures.

de terre, maïs), on évite ainsi le contact de la levure avec les particules de matières malades et infectées. On élimine les drèches en passant le moût à travers un tamis placé au-dessus du vase à levure, ou plus simplement en se servant du dépeleur de Hesse.

Cet appareil se compose d'un tamis cylindrique établi dans la cuve-matière, qui laisse écouler le moût dépelé par un robinet adapté dans la paroi de la cuve. Les trous du tamis, qui ont 4 mm. de largeur, retiennent, outre les drèches, les fragments de pommes de terre malades et pourris. Le principal avantage de ce dispositif consiste en ce qu'il permet d'obtenir un moût chaud, et en outre, pendant le tamisage ou la filtration il ne peut pas se produire de contamination par les bactéries de l'atmosphère.

c. Préparation de levure avec économie d'eau.

Afin de réduire autant que possible la quotité de l'impôt, on peut, lors de la préparation du moût-levain, remplacer l'eau chaude employée pour atteindre la température de saccharification par du moût fraîchement saccharifié ; on obtient ainsi un moût-levain préparé avec beaucoup de moût et peu de malt.

Dans ce mode de préparation du moût-levain, qui du reste a lieu exactement d'après la méthode autrefois généralement usitée, il est difficile d'atteindre la température de saccharification, et ici l'observation d'une température d'acidification aussi élevée que possible présente aussi des difficultés, malgré le haut degré de concentration de pareils moûts-levains. C'est pour cela qu'il est convenable, aussi bien dans ce mode de préparation du moût-levain que dans ceux avec addition d'eau, de se servir du dispositif de vaporisation, qui a déjà été précédemment recommandé pour le nettoyage des vases à levure. Lorsque le vase à levure a été vaporisé, on procède à la préparation du moût. Lors du remplacement de l'eau par du moût, on ne verse dans le vase à levure vaporisé qu'une petite portion de moût, auquel on ajoute ensuite le malt. On lave avec soin pendant un temps suffisant, et maintenant, au lieu d'eau, on ajoute la quantité correspondante de moût. A la fin de l'opération ainsi conduite, la température de 61°,25-63°,75 nécessaire pour la saccharification ne sera que très rare-

ment atteinte. Pour obtenir cette température, on se sert d'un fourquet à vapeur.

La vapeur qui s'échappe par les petits trous pratiqués dans le métal de la partie inférieure du fourquet permet d'arriver en quelques minutes à la température désirée. Il faut avoir bien soin de ne tourner que lentement la soupape de vapeur et de ne pas consommer de la vapeur inutilement, parce que sans cela il arrive fréquemment que subitement on dépasse beaucoup la température de saccharification et avec cela on brûle le malt et on affaiblit le ferment lactique.

d. Levure de vingt-quatre heures.

Il arrive parfois que la préparation de la levure de deux jours ne peut pas être bien conduite, surtout lorsque l'atelier des levains est défavorablement orienté vers le nord ; en outre, lorsqu'il est trop grand et trop élevé et qu'il ne peut pas être suffisamment réchauffé artificiellement. Dans ces conditions, la préparation d'une levure de vingt-quatre heures, généralement avec du malt vert et de la farine de seigle, est tout à fait indiquée. On procède à cet effet de la manière suivante :

On empâte vers 6 heures du matin à 65° et l'on abandonne le moût à la saccharification pendant une heure et demie à la température de 60°. Le moût-levain est ensuite immédiatement refroidi à la température d'acidification de 50° et il est maintenu pendant douze heures entre cette température de 50° et 47°,50 à l'aide d'un réchauffeur, après quoi a lieu un refroidissement rapide, suivi de l'addition de la levure-mère.

La levure est mise en fermentation à la température de 15°,25 environ et lorsque la maturité est arrivée, elle est renforcée avec du moût sucré à 30° environ.

En employant, lors de l'empâtage, du moût-levain déjà acidifié, on parvient à porter la teneur en acide à un degré aussi élevé que possible, ce qui en toutes circonstances est avantageux.

Les fermentations obtenues avec cette levure sont toujours inférieures à celles que produit la levure de quarante-huit heures.

e. Procédé pour préparer de la levure avec une courte période d'acidification.

Fréquemment, on ne peut pas parvenir, malgré tous les moyens, à obtenir aux températures convenables la formation de l'acide lactique. Ou bien la chaleur du moût-levain à acidifier est trop forte et il se forme trop peu d'acide, ou bien la température descend au-dessous de 50° et 47°,50 et alors il se produit l'acide dit *faux*. On peut surmonter ces difficultés en n'abandonnant le moût-levain que peu de temps à la température d'acidification et ensuite le refroidissant. Mais il est plus rationnel et plus avantageux pour tout distillateur de disposer son atelier à levure, de façon qu'il soit possible d'obtenir facilement et à volonté et de maintenir pendant longtemps des températures de 50 à 55°.

La préparation de la levure avec une courte période d'acidification est effectuée à peu près de la manière suivante :

Par hectolitre de capacité de vase à levure, on empâte 6 litres de moût-levain acidifié et 7,5 kg. de malt avec de l'eau en quantité telle que l'on puisse travailler la masse. Ensuite, on remplit presque complètement le vase à levure avec du moût sucré dépelé. A l'aide d'un fourquet à vapeur, on porte le tout à la température de 66°,50-67°,50, mais au bout de dix minutes on refroidit à 55°. Maintenant commence l'acidification ; à ce moment, il peut y avoir dans le moût-levain 0°,5 à 0°,6 d'acide. Après une acidification de quatre à cinq heures, l'acidimètre donne déjà 1° d'acide. Maintenant on refroidit à 17°,50-18°,75 et on abandonne la levure à elle-même jusqu'au lendemain. Malgré cela, l'acidification continue lentement et au bout de douze heures environ, elle est arrivée à 1°,8-2° et terminée ; il n'y a plus de multiplication du ferment lactique.

La teneur en sucre du moût-levain acide dépend surtout de celle du moût employé et elle oscille entre 23 et 25 p. 100.

Environ vingt-deux à vingt-trois heures avant son emploi, la levure est mise en fermentation avec une température de 13°,75 ; environ dix-huit à dix-neuf heures après, la levure-mère est prélevée, soit 1,5 litre par hectolitre de capacité de cuve. La levure aura maintenant fermenté jusqu'à réduction de 75 p. 100 environ de ses

degrés saccharométriques et atteint une température de 22°,50-23°,75. En général, on ne renforce la levure que si la fermentation a été poussée trop loin. Dans les cas normaux, la levure doit, après le prélèvement de la levure-mère, fermenter encore de 1 à 1,5 p. 100. Après son prélèvement, la levure-mère reçoit une addition d'un demi-litre de moût-levain acide par hectolitre, elle est refroidie et conservée dans le baquet à levure-mère jusqu'au moment de son emploi.

f. Levain de secours.

Lorsque, par suite d'un accident quelconque, la levure artificielle s'est altérée et est devenue tout à fait inserviable, on prépare un levain dit de secours, de façon qu'il ne se produise aucune interruption dans le travail, et l'on a recours pour cela à la levure de bière, à la levure pressée ou mieux et plus rationnellement à la levure de culture pure. On abandonne pendant deux ou trois heures à une fermentation préliminaire du moût sucré à 25-30° avec 1,5 kg. de levure pure par 1000 litres de capacité de cuve et ensuite on ajoute le moût.

Comme on n'aura que rarement sous la main de la levure pure ou de la levure pressée, on aura généralement recours à la levure de bière dans les cas de perturbations subites dans le travail. Avec cette levure, on établit également une fermentation préliminaire, mais en prenant pour plus de sécurité environ 2 kg. de levure de bière pour 1000 litres de capacité de cuve. La fermentation préliminaire ne devra pas durer moins de une heure et demie.

Si, abstraction faite de la levure pressée, on ne peut pas non plus se procurer de la levure de bière ou du moins une levure fraîche et saine, on demandera un peu de levure-mère à la distillerie la plus voisine. Mais il faut bien se garder de prendre du moût dans la cuve qui se trouve en fermentation principale et avec lui de la levure ensemencée, et d'employer celle-ci comme levure-mère. D'abord cela ne serait pas toléré par les agents préposés à la perception de l'impôt en Allemagne, ensuite on courrait le danger de mettre en fermentation avec une levure plus ou moins contaminée. Abstraction faite de ce que la loi ne permet pas, sans pré-

paration de levure-mère, de propager la fermentation dans une cuve fraîchement saccharifiée par addition de moût puisé dans une cuve en fermentation principale, on ne peut, d'après ma propre expérience, obtenir un bon résultat de ce début que si l'on travaille avec de la levure à l'acide fluorhydrique.

Dans les centaines de cas où j'ai eu l'occasion d'observer l'image microscopique d'un moût pendant tout le cours de sa fermentation, la marche normale et typique était la suivante. Le moût se purifiait des bactéries à mesure que la fermentation faisait des progrès et que le sucre était remplacé par l'alcool, et c'est principalement à ce dernier phénomène qu'est dû médiatement ou immédiatement ce mode d'épuration spontanée des moûts. Le moût sucré qui est mis en fermentation a coutume, avec le travail ordinaire de la distillerie, d'être rempli de nombreuses bactéries, notamment de bactéries dites globuleuses. Mais si la levure, la mise en fermentation du moût étant bien conduite, parvient à développer une puissance de multiplication énergique, dès le commencement de la fermentation principale, par conséquent au bout de dix-huit heures environ, les bactéries sont en minorité vis-à-vis des cellules de levure ; mais, dans tous les cas, les bactéries sont encore trop nombreuses pour que l'on puisse sans crainte s'en servir comme levure-mère. Si, en outre, une diastase à action secondaire énergique empêche un accroissement d'acidité et conduit à une fermentation secondaire vive, le moût gagne de plus en plus en pureté, et lorsqu'il sera mûr il offrira l'image microscopique la plus pure. Mais maintenant la levure ne se trouve plus dans le meilleur état de nutrition et dans cette période elle ne peut plus servir de levure-mère, bien que l'absence des bactéries semble autoriser à la considérer comme particulièrement convenable pour cet usage.

g. Levain pour moûts de maïs.

Les moûts de maïs sont relativement pauvres en substances nutritives pour la levure ; ce fait ne doit pas être oublié lors de la préparation d'une levure de malt vert et de moût sucré dans le moment où on ne travaille que du maïs. L'expérience a montré que les levures préparées avec du malt et du moût de maïs ne don-

nent pas les meilleurs résultats ; il vaut beaucoup mieux faire une addition de farine ou de malt de seigle au moût-levain, si l'on ne veut pas avoir recours à la levure de malt vert pure, ce qu'il est préférable d'éviter, car on a alors une levure plus concentrée et la dépense est moindre. Si, outre le maïs, on travaille aussi des pommes de terre, on prend pour la préparation de la levure la quantité nécessaire de moût de pommes de terre.

h. Emploi de levure de culture pure exempte de schizomycètes.

Nous avons déjà, à différentes reprises, attiré l'attention sur la *levure pure* et sur son importance pour la distillerie. Malgré cela, nous devons ici présenter au lecteur un résumé des faits relatifs à la nature de cette levure et aux avantages qui peuvent résulter de son emploi pour les fermentations. Une distillerie témoigne en sa faveur, lorsqu'elle travaille avec de la levure pure et qu'avec elle elle a une suite ininterrompue de bons rendements, surtout si pendant des mois on n'a pas besoin pour relever son énergie, d'ajouter de la levure fraîche. En effet, cela prouve que le directeur de la distillerie est en état de travailler avec de la levure pure, que, pour parler plus clairement, il sait non seulement employer la levure pure, mais encore lui conserver sa pureté dans le cours du travail. Mais le propriétaire de la distillerie qui dirige lui-même son usine peut seul obtenir un pareil résultat.

On trouve, comme on le sait, dans les différentes distilleries les races de levures les plus différentes, dont les propriétés conviennent plus ou moins pour bien faire fermenter en un temps relativement court des moûts très concentrés. Par la culture d'une cellule unique on a préparé à l'état pur les races de levures les plus différentes et on les a étudiées au point de vue de leur emploi dans la distillerie. La race qui, dans cette étude, a le mieux répondu aux exigences de la production de l'alcool est cultivée depuis plusieurs années sous la dénomination de *levure pure race II*, à Berlin, dans l'usine d'expérimentation pour l'industrie de la fermentation et, emballée dans des boîtes en fer-blanc, elle est expédiée au prix de 6,25 fr. le kilogramme sous forme de levure pressée, exempte d'amidon et de bactéries.

[G. Jacquemin cultive aussi industriellement des *levures de vin* de différentes races à l'Institut La Claire du Locle, à Morteau (Doubs), et il livre au distillateur la race qui convient le mieux pour la matière qu'il travaille ; ce dernier la soumet ensuite à la culture pour ses besoins journaliers dans un appareil que Jacquemin a imaginé dans ce but et que nous décrirons plus loin ; le distillateur peut de cette façon obtenir lui-même sa levure à l'état pur dans les meilleures conditions.]

La qualification de levure pure sans schizomycètes ni amidon suffit à elle seule pour indiquer les avantages qu'offre ce produit à la distillerie. D'abord la pureté de la fermentation est considérablement accrue, parce que toutes les cellules de levure présentes appartiennent à une race dont la bonne qualité est reconnue, et, par suite de cela, il ne peut pas se produire de fermentations secondaires. La race II, contrairement à ce qui a lieu avec un grand nombre des levures employées pour les mises en fermentation, réduit la formation de l'acide dans les moûts ; en outre, elle conduit à une fermentation plus complète et par suite procure un plus grand rendement en alcool. Naturellement, on ne peut pas indiquer ici numériquement en francs et centimes à combien s'élève le rendement en alcool ainsi accru. En effet, suivant la disposition, la situation et la direction d'une distillerie et suivant la qualité des races de levures mixtes employées jusqu'ici, l'augmentation du rendement en alcool résultant de l'introduction de la levure pure sera plus ou moins grande.

Extérieurement, la levure pure se reconnaît à la vivacité extraordinaire de sa fermentation secondaire, naturellement seulement dans des moûts bien saccharifiés. Cela démontre la force de résistance de cette levure sélectionnée, à l'action de l'alcool. Cette levure est, par suite, particulièrement convenable pour la fermentation de moûts épais.

Comme la forme de fermentation à laquelle donne lieu la race II est plutôt roulante qu'ascendante et descendante, elle procure au distillateur allemand un petit avantage en lui permettant de diminuer l'espace perdu de la cuve à fermentation, c'est-à-dire de faire monter plus haut le niveau du moût.

Il n'est pas besoin de dire qu'un moût fermenté avec de la

levure pure donne aussi à la distillation un alcool plus pur quant à l'odeur et à la saveur.

Le travail avec de la levure pure n'a de raison d'être que dans les distilleries où il est possible de maintenir la levure à l'état pur une fois qu'elle y a été introduite. Il faut pour cela, avant tout, une usine bien disposée dans son ensemble, dans laquelle un directeur expérimenté fait tout ce qu'il peut relativement au nettoyage des appareils, des cuves et des conduites, ainsi qu'en ce qui concerne la préparation de moûts purs et le traitement méthodique de la levure.

On peut résumer dans les axiomes suivants les points les plus importants pour l'emploi de la levure pure en distillerie :

1° Tous les vases, pompes, conduites pour les moûts et la levure, doivent être tenus extrêmement propres et nettoyés, lorsque c'est possible, à l'aide d'une brosse, en se servant d'eau chaude ou d'un antiseptique dilué, comme un lait de chaux, l'acide fluorhydrique ou le bisulfite de chaux.

2° Il faut lors de l'empâtage et de la saccharification dans la cuve-matière choisir une température élevée ; celle-ci ne doit pas être inférieure à 61°25-62°50 ; le moût doit être abandonné à la saccharification à cette température pendant une demi-heure environ. Si le malt employé à la saccharification du moût n'est pas tout à fait irréprochable, la température d'empâtage doit s'élever à 62°. En prolongeant la durée de la saccharification, on obtiendra une stérilisation plus énergique des moûts.

3° La température d'acidification du moût-levain ne doit pas descendre au-dessous de 50°, ce que l'on peut empêcher en réchauffant le moût de temps en temps à l'aide d'un fourquet à vapeur. Une forte acidification de la levure, 2° environ, mieux encore 2°, 2 à 2°, 4 à l'acidimètre, est à recommander.

Après l'acidification, le moût-levain refroidi rapidement est mis en fermentation avec la levure-mère au bout d'un temps aussi court que possible. Il est encore plus important d'éviter tous les points morts lors de la préparation de la levure. Grâce à une division du temps bien conçue et à l'observation de la température convenable pour la mise en fermentation, on peut conduire la préparation de la levure de telle façon que celle-ci ait fini de fermenter

dans le vase le plus ancien, lorsque le moût-levain acide est prêt à mettre en fermentation. L'emploi du baquet à levure-mère devient alors tout à fait inutile.

4° La teneur en sucre du moût-levain doit être élevée et en aucun cas plus petite que 22 p. 100 ; la fermentation de la levure ne doit pas, comme cela a encore lieu généralement, être arrêtée à 8 ou 10 p. 100, mais elle doit aller jusqu'à 3 ou 4° Balling.

5° Pour qu'un moût-levain très riche en matières fermentescibles puisse fermenter complètement, il faut qu'il soit mis en fermentation avec la levure-mère immédiatement après son refroidissement à la température convenable (voy. 3°).

6° La levure doit être ajoutée au moût principal, si c'est possible, dans la cuve-matière à 25°-27°,50 et dans tous les cas mélangée complètement par brassage.

7° Pour éliminer le ferment lactique de la levure en fermentation et en même temps du moût, on peut à l'aide du fourquet à vapeur, avant l'addition de la levure-mère, chauffer à 68°,75-75° le moût acidifié, l'abandonner à cette température pendant trente minutes, puis le refroidir rapidement à la température de mise en fermentation (voy. 4°) et ajouter la levure-mère.

Ce réchauffage du moût-levain acidifié doit ensuite être pratiqué régulièrement.

8° Lorsqu'on se sert de levure pure race II et d'un moût-levain riche en sucre, on ne renforce pas la levure-mère avec du moût sucré ou du moût-levain acide.

9° Il arrive fréquemment que lorsqu'on commence à se servir de la levure pure, la fermentation prend la forme mousseuse. Dans ce cas, il faut avant tout laisser séjourner les pommes de terre dans le cuiseur pendant vingt-cinq minutes environ, sous une pression de 3 à 3,5 atmosphères. En outre, on modifiera le procédé d'empâtage et l'on produira, au lieu d'une saccharification complète, une saccharification imparfaite : on n'emploie qu'une moitié du malt pour la saccharification à 52°,50-57°,50 ; on ajoute l'autre moitié pendant le refroidissement du moût à 25°-30° ; on n'abandonne pas le moût à la saccharification et l'on n'emploie que les deux tiers ou les trois quarts de la quantité de levure-mère ordinairement usitée.

Relativement à l'achat et à l'emploi de la levure pure, nous ferons les remarques suivantes :

10° Par hectolitre de capacité de vase à levure, on emploie 750 gr. de levure pure ; on peut se procurer cette dernière à raison de 6,75 fr. le kilogramme, soit à Berlin au laboratoire de culture de levure pure de la brasserie expérimentale, soit à Weihenstephan à l'institut technique de distillerie, soit encore à l'Institut La Claire du Locle, à Morteau (voy. p. 274).

11° La levure pure est délayée dans un vase avec de l'eau tiède *tout à fait pure*, de façon qu'il se forme un liquide laiteux ne contenant plus de pelotons de levure. Ce lait de levure est ajouté au moût-levain acide à la place de la levure mère dont on se servait auparavant.

12° L'achat de la levure pure n'a lieu qu'une seule fois ; la levure est, comme auparavant, propagée d'un jour à l'autre par prélèvement de la levure mère [1].

13° Pour les distillateurs qui travaillent par le procédé à l'acide fluorhydrique, nous ferons remarquer que l'on peut aussi laver les cuves de fermentation à l'acide fluorhydrique, de même que mélanger au moût sucré 1 à 2 gr. d'acide fluorhydrique, ajoutés, si c'est possible, dans la cuve-matière à 28°,75-30°, avant l'addition de la levure. La race II supporte très bien l'acide fluorhydrique : les deux, la levure pure et l'antiseptique, se complètent de la manière la plus heureuse.

La fermentation mousseuse, à laquelle donne lieu fréquemment la levure pure race II aussi bien avec les moûts de pommes de terre qu'avec les moûts de maïs, peut en général être évitée au moyen des précautions indiquées précédemment (9°). Mais, pour empêcher dès le début de la campagne, avec les premières cuves, des pertes par débordement, on suit, pour la préparation du premier moût-levain de la campagne, les indications suivantes, fournies par le laboratoire de culture de Berlin :

Pour 100 litres de capacité de vase à levure, on prend environ 30 kg. de malt vert et 10 kg. de farine de seigle fine, on empâte les deux matières avec de l'eau à 65° (le vase est presque rempli) et l'on brasse de façon à refroidir à 60°, on couvre le vase, au bout

[1] [Les distillateurs qui ont un contrat avec l'Institut La Claire reçoivent chaque semaine une dose de levure, qu'ils cultivent dans l'appareil de Jacquemin.]

de deux heures, on brasse avec soin et on recommence ainsi toutes les deux heures environ. Après chaque brassage, on remet le couvercle en place. Le soir, on réchauffe le moût-levain à 63°,75 et on le laisse reposer pendant la nuit après l'avoir couvert. Le lendemain matin on s'assure s'il y a une quantité suffisante d'acide, 1°,5 à 2° environ. Si cette quantité ne s'est pas encore formée, on laisse encore reposer à 50° et on prend un ou deux baquets de ce moût-levain acidifié pour la préparation du nouveau moût-levain, on chauffe le reste à 81°,25 et, au bout d'une demi-heure, on refroidit pour la mise en fermentation.

Il faut que le moût-levain acide accuse 1°,5 à 2° d'acidité et 20 à 21° saccharométriques Balling.

Pour la mise en fermentation, on emploie par 1 000 litres de capacité de cuve 2/3 à 3/4 de kg. de levure pure, que quelques heures auparavant on a mise en fermentation dans le vase à levure-mère avec un peu de moût-levain rapidement refroidi et d'eau (à volumes égaux).

Il faut mettre la levure en fermentation à une température convenable et assez tôt pour que, jusqu'au moment de son emploi, sa fermentation soit arrivée à 3 ou 4° Balling. La levure-mère peut être prélevée un peu plus tôt. Un renforcement de la levure est inutile.

Lorsqu'on emploie du moût sucré pour la levure, on prend encore environ 4 à 5 kg. de malt vert par hectolitre de capacité de vase à levure, on brasse jusqu'à refroidissement à 62°,50; le soir, on réchauffe à 60-62°,50 et l'on traite comme précédemment. La concentration du moût-levain acide doit être égale à 23-24° Balling, la fermentation de la levure à 5-6° Balling, et la quantité de levure-mère à prélever doit s'élever aux 2/3 ou aux 3/4 de la quantité permise par la loi (allemande).

APPAREIL DE G. JACQUEMIN POUR LA CULTURE DE LA LEVURE PURE

[Cet appareil, déjà mentionné précédemment (p. 274 et 277), est représenté par la figure 84. Voici, d'après G. Jacquemin[1], quelles sont ses dispositions et son mode de fonctionnement.

[1] *La levure pure en distillerie*, Nancy, 1898; *La levure pure de vin en distillerie agricole*, Arras, 1899.

Dans la partie inférieure de la figure, à gauche sont les appareils pour la purification de l'air, qui, aspiré, au-dessus de la toiture de l'usine, autant que possible, est refoulé par la pompe A dans un filtre à chicanes F, dont les cases sont remplies de coton salicylé

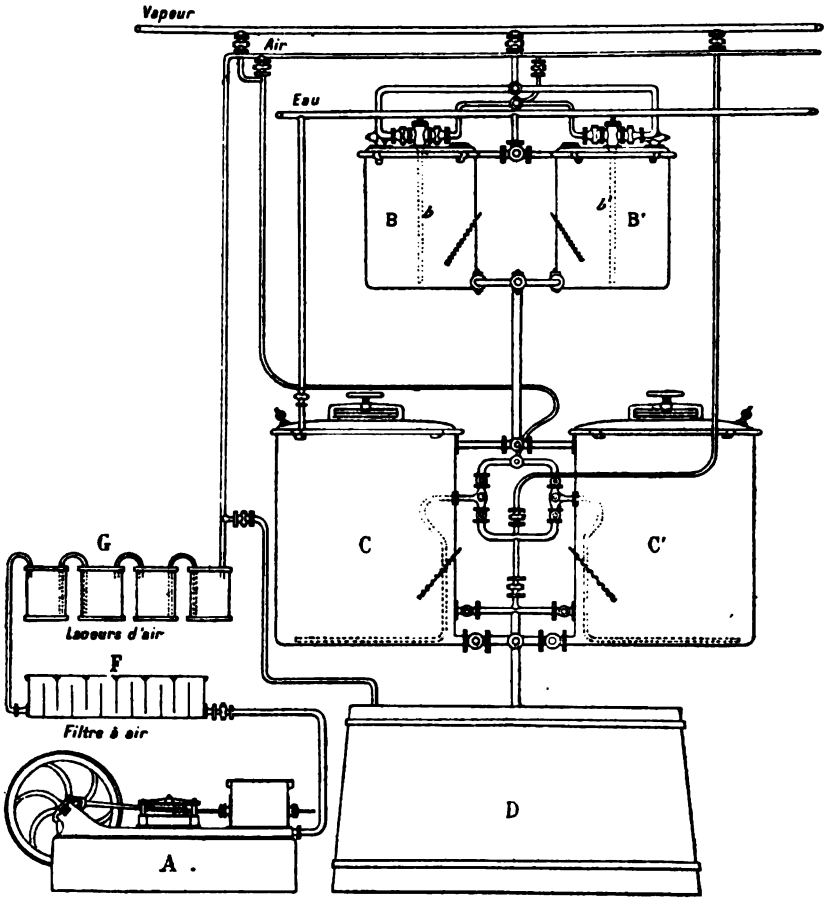


Fig. 84. — Appareil de Jacquemin pour la culture de la levure pure.

et de coton hydrophile. Par surcroît de précaution, dans le cas où l'air serait, au sortir de ce filtre, incomplètement purifié, cet appareil est suivi d'une batterie de laveurs cylindriques G à acide sulfurique et carbonate de soude ou au salicylate de soude, ou encore à l'alcool étendu à 50°; le premier cylindre est vide et sert à éviter les rentrées d'acide sulfurique du second cylindre dans la tuyauterie,

pour le cas où le sens de la pression viendrait à être renversé par l'arrêt de la pompe à air ; c'est pour cela que les tuyaux barboteurs sont disposés de façon à jouer le rôle de siphons pour remettre tout en place après l'arrêt. Le troisième cylindre est vide et le quatrième renferme du carbonate de soude. L'air, après ce double traitement, peut être considéré comme absolument stérile. Des laveurs il se rend dans les bassines B et B′ de premier levain, où il sert d'abord à la réfrigération du moût, puis à la prolifération de la levure. Il joue plus tard le même rôle dans les bassines de second levain C et C′ et il sert seulement à la prolifération dans la cuve à pied D.

C'est dans les petites bassines B et B′ que s'opère le réveil de la levure au début des opérations. Mais avant d'amorcer la fermentation, on a eu soin de remplir aux deux tiers le récipient B avec du moût acidifié, et additionné d'une certaine quantité de malto-peptone et d'un mélange de sels nutritifs ; on porte ensuite le suivant à l'ébullition, au moyen du barboteur *b*, afin de le stériliser. On maintient le liquide à 100° pendant quelques minutes, puis on ferme le robinet de vapeur et on ouvre celui qui donne passage à l'air. L'air, arrivant par le barboteur, brasse à son tour la masse liquide et en amène toutes les parties au contact de la paroi de la bassine, sur laquelle coule extérieurement l'eau de réfrigération, qui s'échappe de la couronne que porte le vase à sa partie supérieure. La bassine ainsi disposée est à la fois un appareil de stérilisation, un réfrigérant et une cuve de fermentation.

La stérilisation terminée et le liquide intérieur ayant été ramené aux environs de 20°, on ferme le robinet à eau, on introduit de la levure pure et, au bout de vingt-quatre heures, le premier petit levain est bon à employer. On l'envoie dans la bassine C, où par la même manœuvre que précédemment on a préparé du moût stérilisé. Mais avant de descendre de B en C, on a soin de remplir B′ d'une certaine quantité de moût soumis à la stérilisation et ramené à 30°. Dans ce but, on met en communication les deux petites bassines B et B′ pendant quelques instants ; l'air pur de B refoule quelques litres de moût en fermentation en B′, qui se trouve ensemencée. Le contenu de la bassine B est alors descendu en C, et la fermentation ne tarde pas à s'emparer de la masse. Quand on a

obtenu l'atténuation voulue, on fait une décharge partielle dans la cuve à pied D par le robinet placé à 50-60 cm. du fond de la grande bassine C et l'on recharge sur le pied restant au fond du moût stérilisé en C′; ou mieux on refoule en C′ le pied resté au fond de C.

Pour le troisième levain qui se développe en D et qui est beaucoup plus volumineux que les précédents, on emploie le moût ordinaire de la distillerie, et on a soin de maintenir l'aération pendant toute la durée de la fermentation. Quand l'atténuation convenable a été obtenue, on fait passer le pied dans la cuve définitive, qui entre immédiatement en fermentation.

Si, d'après Jacquemin, ces levains ont été faits suivant les règles, on peut être certain que la fermentation ira sans le moindre incident et que les cuves marcheront et tomberont avec une exactitude mathématique, sans qu'il se produise plus de deux à trois dixièmes d'acide organique, malgré la faible acidité initiale qu'on emploie dans ce procédé. L'opération la plus importante de toutes est le réveil de la levure; cette opération étant bien effectuée, on peut marcher des jours et des semaines sans renouveler la levure initiale, ce qu'il est toutefois convenable de faire au moins deux fois par mois (voy. la note de la p. 277).]

i. Emploi du ferment lactique de culture pure.

Comme suite à ce que nous venons de dire relativement à l'emploi de la levure de culture pure, nous allons donner quelques indications sur l'action du *ferment lactique de culture pure* dans la pratique de la distillerie, parce qu'elles sont suffisamment intéressantes pour que cette innovation soit accueillie par un nombre de distillateurs de plus en plus grand.

On a assez fréquemment observé, dans la pratique, que de temps en temps dans une distillerie, malgré tous les moyens ordinaires — farine de seigle, suracidification, basses températures de saccharification — il ne se formait dans le moût-levain qu'une quantité insuffisante d'acide. Si l'on donnait au distillateur le conseil de se procurer du ferment acide, c'est-à-dire du moût-levain acide dans une distillerie voisine *avec acidification notoirement forte*, il en

résultait toujours, quand même, par suite de cette transplantation d'un autre ferment lactique, une acidification défectueuse.

On devait, d'après cela, conclure que, de même qu'on connaît différentes races de levures, il existe aussi dans les distilleries des ferments lactiques, tout à fait différents, parmi lesquels les uns peuvent donner naissance à une quantité suffisante d'un acide énergique, les autres n'en produisant qu'une quantité insuffisante. De cette constatation à la culture pure d'un ferment lactique avec un pouvoir d'acidification énergique et à son introduction dans la distillerie, il n'y avait plus qu'un pas à franchir.

Aujourd'hui, on peut déjà dans différentes stations acheter des moûts qui sont inoculés avec tel ou tel champignon d'un pouvoir acidifiant énergique, que l'on peut par conséquent transplanter facilement dans le moût-levain.

Si l'on se souvient que nous admettons que l'acide contenu dans la levure artificielle influence favorablement son pouvoir ferment, on ne mettra plus en doute l'importance de la culture de l'acide lactique à l'état pur pour la pratique de la distillerie, et c'est un motif suffisant pour tout propriétaire de distillerie d'examiner s'il n'aurait pas intérêt à introduire dans son travail, au moins à titre d'essai, cette innovation.

Mais pour mettre le praticien à l'abri des désillusions, je dois dire, que d'après mes nombreuses expériences, la quantité de moût chargé de ferment lactique nécessaire pour 100 litres de moût-levain n'est pas inférieure à un litre. Une quantité de 100 cc. seulement, avec laquelle j'ai vu çà et là expérimenter dans la pratique, n'a aucun effet décisif et, à ma connaissance, ne peut pas donner un bon résultat, lequel n'existe que lorsqu'au bout d'environ dix-huit à vingt heures d'acidification il s'est formé dans le moût-levain une quantité d'acide équivalente à 3° et plus à l'acidimètre.

Je vais maintenant donner des preuves numériques des avantages de cette récente conquête, mais en faisant tout d'abord remarquer que la préparation de la levure pour l'acide pur est faite exactement d'après les indications données pour l'obtention de la levure pure. Après saccharification complète, le moût-levain est refroidi à environ 52°,50, le moût chargé de ferment lactique

est ensuite ajouté et disséminé dans le liquide aussi uniformément que possible. Il est évident qu'après l'inoculation le moût doit être maintenu à 50°.

L'usine d'essais pour les industries de la fermentation à l'Académie de Hohenheim m'a gracieusement envoyé, au commencement de l'année 1897, des échantillons de levure et d'un moût de maïs qui avait été mis en fermentation avec cette levure.

L'analyse donna pour la levure une acidité de 3°,7 à l'acidimètre ; l'examen microscopique permit de reconnaître les longs bâtonnets caractéristiques du ferment lactique, à côté de bactéries peu nombreuses. L'analyse du moût de maïs nous conduisit au résultat suivant :

Fermentation apparente.	0,3 Balling.
— réelle.	2,75 —
Alcool dans le liquide filtré	9,0 vol. p. 100.
Teneur en acide	0°,6 à l'acidimètre.
Maltose	0,395 p. 100.
Dextrines	0,879 —
Maltose et dextrines	1,274 —
Maltose : dextrines.	0,45 : 1
Substances non fermentescibles	1,47 p. 100.

L'odeur du moût mûr était légèrement acidule, la saveur agréable, douce. Au microscope, on apercevait de belles cellules de levure grandes et ovales, peu de ferment lactique, et presque pas de bactéries, de sorte que l'impression générale de l'image microscopique peut être regardée comme excellente.

Les données de l'analyse précédente méritent aussi d'attirer particulièrement l'attention : La teneur relativement faible en alcool et en substances non fermentescibles prouve que nous avons affaire à un moût qui n'était pas un moût épais, mais qui même possédait une faible concentration à l'état sucré ; une fermentation apparente à 0°,3 Balling en est une preuve encore meilleure. Avec des moûts épais bien fermentés, le saccharomètre plonge bien parfois aussi profondément, mais alors on trouve une atténuation réelle de 4 ou plus de 4 p. 100. La fermentation de la maltose jusqu'à 0,4 p. 100, celle des dextrines jusqu'à 0,88 p. 100, sont toutes les deux excellentes, la matière amylacée a par conséquent été utilisée aussi complètement que possible. L'acidité

finale de 0°,6 à l'acidimètre complète heureusement l'excellent tableau que, dans toutes ses particularités, l'analyse précédente offre au praticien instruit.

Dans l'une des pages suivantes, je comparerai ensemble les résultats de la fermentation de moût de maïs, d'une part au moyen de la levure à l'acide fluorhydrique et d'autre part à l'aide d'une levure contenant de l'acide lactique dans la proportion de 3°,3 ; cette comparaison montrera que par son action la levure à l'acide lactique se rapproche beaucoup de la levure à l'acide fluorhydrique. Cependant cette dernière levure devra toujours être préférée à cause de son bon marché (elle est obtenue sans malt uniquement avec du moût sucré) et de la simplicité et de la rapidité avec laquelle elle peut être préparée.

k. Emploi de la levure de bière.

Comme on l'a déjà souvent mentionné, la levure de bière est encore employée à la place de la levure artificielle, surtout dans l'Allemagne du Sud, par des centaines de petites distilleries agricoles, généralement à travail manuel. Ordinairement, on va chercher à la ville ou dans la brasserie la plus voisine la quantité de levure nécessaire pour toute une semaine. Par conséquent, la levure n'est pas toujours uniformément fraîche et uniformément bonne. Une levure sous la forme d'une bouillie épaisse n'est pas généralement celle que les petits distillateurs de la campagne achètent aux brasseries ; c'est une levure plus ou moins liquide, partie avec de l'eau, partie avec du moût de bière fermenté. Ainsi s'explique pourquoi dans la levure presque liquide, telle qu'on la trouve dans les réservoirs le plus souvent tout à fait primitifs des distillateurs de la campagne, on rencontre fréquemment 1 et plus de 1 vol. p. 100 d'alcool. J'ai même quelquefois trouvé dans la levure de bière jusqu'à 3 vol. p. 100 d'alcool.

La variabilité de la consistance de la levure de bière, par suite de sa dilution plus ou moins grande, est pleine de dangers pour le distillateur dans deux sens différents : il ne peut pas s'assurer si la qualité de la levure qu'il achète est en rapport avec le prix payé ; ensuite tout point d'appui lui échappe *lorsqu'il s'agit à chaque*

fois de mesurer la quantité de levure à employer pour 100 *litres de moût.* C'est ordinairement pour les petits distillateurs l'écueil sur lequel vient échouer une fermentation satisfaisante de ses moûts épais, c'est-à-dire riches en fragments de pommes de terre non désagrégés. Pour 100 litres de moût, il suffit de 1 litre à 1 lit. 1/2 de levure de bière en consistance de bouillie épaisse pour faire fermenter un moût de 20-21° p. 100 Balling à environ 2 p. 100. Mais, dans la pratique, on ajoute fréquemment une forte dose de levure, ce qui donne lieu à une fermentation principale très intense et très vive, mais de courte durée (généralement de quatre à cinq heures après la mise en levain) ; la fermentation secondaire est languissante, souvent même la fermentation cesse tout à fait et le moût doit être regardé comme mort.

Ce serait cependant une erreur et une absurdité que de déconseiller au petit distillateur l'emploi de la levure de bière et de l'encourager à préparer de la levure artificielle. Les conditions locales et particulières des petites distilleries agricoles font qu'ordinairement ces usines sont dépourvues de tout ce qui est nécessaire pour que la préparation de la levure artificielle puisse être avantageuse.

On n'a alors qu'un seul but : consacrer toutes ses peines et soins à la préparation de la levure artificielle, si elle réussit à tous les points de vue : une levure de bière est toujours cent fois préférable à une levure artificielle mal réussie.

Il est beaucoup plus rationnel de se donner au travail avec la levure de bière avec plus de soin et d'intérêt qu'on n'avait jusqu'ici coutume de le faire dans la majorité des cas. Abstraction faite des excellents résultats que j'ai vu de mes propres yeux obtenir avec la levure de bière dans des distilleries belges, j'ai aussi observé fréquemment, durant ma longue pratique dans des distilleries bavaroises, *quel excellent travail on peut faire avec la levure de bière.*

Il faut, avant tout, acheter de la *levure en bouillie épaisse ;* si cette dernière est plus chère de quelques centimes, on ne s'expose pas au danger, fréquent avec une levure étendue, pleine d'eau, de voir un moût mis en levain avec une pareille levure entrer à peine en fermentation.

La *conservation de la levure de bière*, surtout lorsque la campagne se prolonge jusqu'au printemps, est généralement un point très délicat dans les petites distilleries. Abstraction faite de l'action défavorable de la température de l'air et des rayons solaires directs, il peut aussi pénétrer accidentellement dans le baril à levure placé dans la terre, mode de conservation ordinaire de la levure de bière, outre de l'eau pluviale, des liquides tout autres, qui n'ont rien à faire avec la fermentation. Comme le baril doit toujours contenir une provision de levure, il n'est que rarement nettoyé.

Le petit distillateur qui n'achète à la fois que la quantité de levure dont il a besoin pour deux ou trois jours au plus, et cela en se procurant de la *levure épaisse, saine, non chargée d'eau, renfermée dans un baril à bière bien clos*, et *qu'il conserve dans une cave fraîche*, celui-là pourra (surtout en se servant de cuves avec réfrigérant) renoncer facilement à l'emploi de la levure artificielle.

Je donne dans le tableau suivant deux analyses de moûts fermentés avec de la levure de bière, mais en faisant remarquer que les échantillons examinés provenaient d'une petite distillerie, travaillant avec le cuiseur Henze, par conséquent non d'une usine primitive.

La teneur en acide de la levure de bière s'élevait à 0°,2 à l'acidimètre ; l'image microscopique était tout à fait satisfaisante.

	MOUT DE POMMES DE TERRE 18 heures avant la distillation.	MOUT DE MAÏS fermenté.
Fermentation apparente .	1,95 Balling.	0,1 Balling.
» réelle . . .	—	3,8 »
Acide.	0,25	0,5
Alcool dans le liquide filtré.	12,30 vol. p. 100.	11,50 vol. p. 100.
Réaction de la diastase. .	Avec 5 gouttes de gaïac.	1 cm³ d'après Effrout.
Microscope	Levure faiblement granulée; peu de bactéries.	
Goût	Goût de houblon et de levure un peu amer.	

Les nombres précédents font honneur au distillateur qui avait préparé ces moûts, ils démontrent au moins ce qu'on peut attendre de la levure de bière convenablement choisie, traitée et employée.

La teneur peu élevée en acide de ces moûts, comme de tous les moûts fermentés avec la levure de bière, est surtout caractéris-

tique. Cette circonstance favorable, qui de son côté contribue aussi à la conservation de la force diastasique du malt contenu dans les moûts, doit être attribuée uniquement et seulement à la présence de résine et d'amer de houblon dans la levure de bière employée. Et si les agents énergiques de préservation contre les bactéries sont enlevés aux moûts des petits distillateurs, par exemple, par l'usage de *levure de bière lavée plusieurs fois et pressée*, on peut observer, lors de la fermentation complémentaire des moûts, que l'acidité augmente de plus en plus et qu'elle s'élève à 1°,5 et même à 1°,8, presque aussi haut qu'on l'observe avec des moûts qui ont, par exemple, fermenté avec une levure artificielle tout à fait mal réussie.

D'après ce qui vient d'être dit, il est évident que le petit distillateur peut encore réaliser de notables progrès en vue de l'obtention de rendements plus élevés en alcool, et cela sans aucune dépense supplémentaire.

Dans un autre chapitre, nous nous occuperons, avec tous les détails nécessaires de la préparation, du traitement et des avantages de la levure à l'acide fluorhydrique, connue et adoptée depuis un petit nombre d'années.

CHAPITRE V

FERMENTATION DES MOUTS

I. — Remarques générales.

La fermentation est provoquée au moyen de levure artificielle (ou de levure de bière), qui est ajoutée au moût en voie de refroidissement ou déjà refroidi à la température de mise en fermentation. On désigne sous le nom de *température de mise en fermentation* le degré de chaleur auquel on abandonne maintenant à lui-même dans la cuve de fermentation le moût déjà mélangé avec la levure. Cette température offre une grande importance pour le processus tout entier de la fermentation : celui qui est tant soit peu familiarisé avec la nature et les propriétés du champignon ferment qui constitue la levure, sait qu'une température plus ou moins haute de mise en fermentation peut hâter ou retarder le début du phénomène. Mais pour choisir exactement cette température, il faut tenir compte des points suivants :

Teneur en sucre des moûts : Les moûts épais, riches en sucre, doivent être mis en fermentation à une température plus basse que les moûts clairs, plus pauvres en sucre.

Grandeur de la cuve de fermentation : De petites cuves s'échauffent plus difficilement, parce que le moût qu'elles renferment perd plus de chaleur par rayonnement qu'il ne le fait dans de grandes cuves.

Température extérieure, situation de la salle de fermentation et sa disposition générale : Il est évident qu'en hiver et avec une salle de fermentation froide par elle-même ou soumise à un refroidissement rapide on doit mettre les moûts en fermentation à une plus haute température qu'en automne ou au printemps.

Qualité de la levure employée : Lorsqu'on travaille avec de la levure de bière, le moût doit être mis en fermentation plus froid que lorsqu'on se sert de levure artificielle.

Moyens dont la distillerie dispose pour régler la température de fermentation : Réfrigérants fixes, réfrigérants mus mécaniquement, possibilité de maintenir en activité les réfrigérants mobiles même pendant la nuit.

Durée de la fermentation : Plus cette durée doit être courte, plus chauds les moûts doivent être mis en levain et réciproquement. Les petites distilleries mal installées et souvent aussi mal dirigées n'accordent souvent à la fermentation qu'une durée de vingt-quatre heures, tandis que la durée généralement usitée est de soixante-douze heures. Ce n'est que lorsqu'on travaille des moûts particulièrement concentrés ou fermentant difficilement qu'on ne procède à leur distillation que le cinquième jour de la fermentation, y compris le jour de la saccharification.

Je pourrais encore attirer l'attention sur quelques autres points, qui même ne sont pas sans importance, mais ceux que je viens de signaler montrent déjà suffisamment combien il est important de *se conformer, pour la température de mise en fermentation des moûts sucrés, aux convenances particulières à chaque distillerie, de façon à remplir les conditions nécessaires pour que la fermentation marche aussi régulièrement que possible.* Le but de la fermentation est, comme on le sait, de transformer aussi complètement que possible en alcool et acide carbonique l'extrait contenu dans les moûts sucrés, tel qu'il est indiqué par le saccharomètre.

Le mode d'addition de la levure dépend de l'outillage de la distillerie. Dans les usines où l'on travaille avec des réfrigérants tubulaires, la levure peut n'être ajoutée au moût complètement refroidi que dans la cuve de fermentation.

L'addition d'un antiseptique quelconque n'est également possible que dans cette cuve.

Le réfrigérant héliçoïdal de Hentschel, de Grimma, permet au contraire, en employant un entonnoir mobile d'ajouter la levure au moût dans le réfrigérant dans le point où le refroidissement a déjà atteint le degré de température désiré.

Avec les appareils centrifuges, ou les appareils rectangulaires

munis d'un dispositif de réfrigération par l'eau, l'addition de la levure a lieu dans les appareils eux-mêmes. Il y a là un double avantage : d'une part, on peut munir le moût de levure dès la température de 30°-31°,25 et ensuite les refroidir tous les deux ensemble, ce qui est important pour le développement de la levure ; d'autre part, le mélange du moût avec la levure se fait beaucoup plus intimement et plus uniformément que cela n'a lieu lorsque la levure est ajoutée dans la cuve de fermentation. L'appareil agitateur qui se trouve dans les macérateurs dissémine la levure dans le moût plus rapidement et plus parfaitement que lorsqu'un ouvrier cherche à l'aide d'un fourquet, même pendant dix minutes, à immerger la levure ajoutée dans la cuve de fermentation.

Le cours de la fermentation des moûts, qui est en général de soixante-douze heures, peut être divisé en trois périodes, et cette division a lieu de la manière la plus naturelle aussi bien relativement aux phénomènes extérieurs perceptibles à l'œil, qu'en ce qui concerne les manifestations biologiques des cellules de levure qui caractérisent ces trois périodes. Celles-ci sont désignées sous les noms de : *fermentation préliminaire*, *fermentation principale* et *fermentation complémentaire*.

Pendant la *fermentation préliminaire*, le moût est assez tranquille, sa surface ne s'élève et ne s'abaisse que d'une manière peu sensible. Le dégagement de l'acide carbonique, comme l'élévation de la température, ne sont que très faibles. Ce qui caractérise surtout cette période, c'est une énergique *multiplication des cellules de levure*.

Pendant la *fermentation principale*, il se manifeste un mouvement énergique dans le moût, qui s'élève et retombe rapidement. Le dégagement de l'acide carbonique et l'échauffement du moût sont tous les deux extrêmement vifs. *Le saccharomètre donne des indications de plus en plus faibles, par suite de la fermentation de la maltose*.

Lorsque la période de la *fermentation complémentaire* est arrivée, le moût redevient tranquille. La fermentation a beaucoup perdu en force, ce qu'il est facile de reconnaître au dégagement uniforme et lent des bulles d'acide carbonique. La tempéra-

ture du moût baisse plutôt qu'elle ne monte ; les moûts eux-mêmes ont pris une couleur plus claire. Les indications du saccharomètre ne diminuent que très lentement, car la fermentation qui se produit pendant cette période ou, pour mieux dire, la *transformation des dextrines en maltose*, a lieu dans des conditions beaucoup plus difficiles que la fermentation de la maltose.

Il est tout d'abord nécessaire de donner de chacune des trois périodes de la fermentation des moûts une description exacte.

II. — Les différentes périodes de la fermentation des moûts.

La *fermentation préliminaire* est exclusivement consacrée à la formation de la levure.

Lors de la préparation de la levure artificielle d'après les nouveaux principes, nous avons sans doute également à compter avec une basse température de mise en fermentation et une fermentation préliminaire plus lente du moût-levain, deux conditions qui sont favorables à la formation de cellules nouvelles et saines. Mais si d'un autre côté on considère l'espace de temps, un peu plus de vingt heures, dans lequel doit s'accomplir la fermentation complète de la levure artificielle, de son développement jusqu'à sa maturité, on conviendra qu'ici la quantité des nouvelles cellules de levure formées sera insuffisante. Effectivement, lors de la préparation de la levure artificielle, les cellules ne deviennent en moyenne que quatre fois plus nombreuses : dans la *fermentation préliminaire du moût*, celle-ci étant bien conduite, cet accroissement de la levure est beaucoup plus intense et a lieu à peu près dans la proportion de 1 à 14. Du reste, il ne faut pas oublier que l'accroissement de la levure dans une quantité mesurée de liquide dépend absolument de la quantité des cellules de levure ensemencées : moins l'ensemencement a été abondant, plus il se forme de cellules, et réciproquement.

Il est évident que des moûts riches en sucre non seulement consomment pour leur fermentation complète plus de cellules de levure que des moûts clairs, mais encore le pouvoir fermentatif

que doivent présenter les cellules croît avec la concentration des moûts.

Le directeur de la distillerie doit par conséquent régler la fermentation préliminaire des moûts, de façon qu'il se produise une multiplication aussi intense que possible de cellules de levure douées d'un pouvoir ferment énergique.

Nous savons déjà que la multiplication de la levure est en relation intime avec la température des solutions dans lesquelles elle puise sa nourriture, c'est-à-dire des moûts, dans le cas qui nous occupe. On sait en outre que c'est à 27°,50 que la levure se multiplie avec le plus de rapidité. Mais comme, indépendamment de la *quantité* des cellules de levure, il s'agit aussi de leur *pouvoir ferment*, nous devons déjà pour cette dernière raison mettre les moûts en fermentation à une température plus basse. En outre, il y aurait des inconvénients à mettre les moûts sucrés en levain à 27°,50, parce que avec la multiplication de la levure, on provoquerait leur fermentation trop tôt et avec trop d'intensité.

Nous avons intérêt à ce que la fermentation préliminaire dure aussi *longtemps* que possible; dans ce but, nous n'avons plus recours à une mise en fermentation aussi froide (15° à 17°,50) qu'on l'aimait autrefois, mais nous procédons dans la pratique de la manière suivante : on ajoute la levure au moût pendant le refroidissement dans la cuve-matière (autant que cela se peut), et cela à la température de 28°,75 à 32°,50, et l'on refroidit ensuite la levure et le moût mélangés à la température de mise en fermentation. *De cette façon, on fait remonter le commencement de la formation de la levure jusque dans la cuve-matière.*

Maintenant, il y aurait encore à répondre par des indications numériques à la question relative à la *température de la mise en fermentation;* je dois à ce sujet renvoyer d'abord aux indications qui ont été données sur ce point dans les *remarques générales* sur la fermentation des moûts. Ensuite, que le praticien n'oublie pas que les moûts ne doivent jamais s'échauffer pendant la fermentation, principale au-dessus de 28°,75 à 30° et qu'en conséquence il choisisse lors de la mise en levure, les moûts ayant une concentration moyenne et les cuves de fermentation étant munies de réfrigérants, une température de 17°,50 à 20°, suivant les autres conditions.

En l'absence de réfrigérants dans les cuves de fermentation, on devra mettre en levain à une température inférieure de 5°,50 et peut-être même de 7°,50, également suivant les autres circonstances concomitantes.

Plus chaud on met en fermentation, plus tôt on doit, à l'aide du réfrigérant, s'opposer à une élévation prématurée de la température. Si même, comme cela se fait quelquefois, ce qui, à mon avis ne présente aucun avantage, on met en fermentation à 21°,25 on devra mettre immédiatement en activité le réfrigérant de la cuve et refroidir pendant presque toute la durée de la fermentation préliminaire. Le distillateur doit faire tous ses efforts, en observant le commencement de la fermentation des cuves, leur échauffement, leur fermentation complémentaire et le degré de fermentation, pour découvrir la meilleure température de mise en levain pour les conditions qui règnent dans son usine, ce qui signifie qu'il doit observer, mesurer et comparer avec le plus grand soin.

Relativement à la durée de la fermentation préliminaire, on peut dire : Plus elle est longue, mieux cela vaut. Lorsque, par exemple, vingt heures après que la mise en fermentation a été effectuée, un moût entre en fermentation principale, cela aura été un temps suffisant pour la formation de nouvelle levure. Cependant, si l'on prolonge la fermentation préliminaire encore beaucoup plus, par exemple au moyen d'un refroidissement énergique, on court le danger de laisser trop peu de temps pour la fermentation complémentaire, par conséquent de distiller le moût avant qu'il soit complètement fermenté.

La *fermentation principale* s'établit peu à peu, lorsque la multiplication de la levure a pris fin et que la température est montée à 25° environ. La fermentation gagne de plus en plus en activité, elle devient même tumultueuse, la surface du moût s'élève et s'abaisse périodiquement et, avant qu'on s'y attende, l'échauffement du moût est déjà arrivé à 28°,75-30°.

La fermentation principale tumultueuse est la période dans laquelle la majeure partie de l'extrait du moût, consistant en sucre de malt ou maltose, est fermentée, c'est-à-dire transformée en alcool et acide carbonique. Comme le sucre de malt est *directement fermentescible*, cette période de la fermentation n'offre aucune diffi-

culté pour le distillateur, à moins que la levure employée ne soit pas du tout convenable. Le distillateur doit s'occuper d'une manière toute spéciale du réglage de la température des cuves en fermentation.

S'il n'est rien fait pour régler cette température, pour la maintenir dans certaines limites, le moût marquera bientôt plus de 30°, peut-être même 33°,75; en tout cas, le distillateur doit voir dans cette énorme élévation de température une preuve de la bonne qualité et de la force de sa levure. Mais l'influence nuisible de degrés de chaleur aussi élevés pendant la fermentation ne manque pas de se faire sentir : à 33°,75, l'évaporation de l'alcool du moût est déjà considérable et il en est de même de l'acidification de ce dernier. Mais l'acidification est l'ennemi le plus dangereux de la fermentation complémentaire, parce que l'acide produit diminue considérablement l'activité de la levure, ainsi que de la diastase du malt. On laissera donc, de la fermentation préliminaire à la fermentation principale, la température de la cuve s'élever graduellement à 28°,75, et l'on maintiendra cette température pendant toute la durée de la fermentation principale, c'est-à-dire pendant dix-huit heures environ; la variation la plus grande dans la direction ascendante peut s'élever à 30°.

Pour régler la température de fermentation, surtout dans les moûts riches en sucre, les cuves doivent être pourvues de dispositifs mécaniques, de *réfrigérants*. Si l'on veut observer les principes que nous venons d'exposer, on ne pent pas faire fermenter les moûts épais d'une manière satisfaisante pendant soixante-douze heures sans employer les réfrigérants.

A chaque degré saccharométrique perdu par le moût en fermentation (non refroidi mécaniquement) correspond une élévation de température de 4/5 de degré environ. Si, par exemple, on ne voulait pas laisser monter au-dessus de 30° la température d'un moût sucré à 25 p. 100, qui, d'après ce qui vient d'être dit, s'échauffe d'environ 21° pendant le cours de la fermentation, il faudrait, en travaillant sans réfrigérant, mettre ce moût en fermentation à 8°,75. Alors, avec cette basse température de mise en levain, le moût entrerait trop tard dans la fermentation principale pour pouvoir être mûr dans l'espace de trois fois vingt-quatre heures accordé légalement (en Allemagne).

Si l'emploi des réfrigérants est absolument indispensable pour le travail des moûts épais, si d'une manière générale on veut appeler ainsi un moût avec 25 degrés saccharométriques, il ne peut aussi qu'être utile et avantageux pour celui des moûts clairs. Qu'une perturbation quelconque vienne à se produire, on est toujours en mesure de régulariser la température, si l'on a à sa disposition un réfrigérant.

La *fermentation complémentaire* est caractérisée par la fermentation des dextrines. Mais comme celles-ci ne sont pas directement fermentescibles, que leur transformation en alcool et acide carbonique doit être précédée de leur conversion en sucre de malt, c'est dans cette particularité que doit être cherchée la raison pour laquelle la fermentation complémentaire est lente et n'a rien de tumultueux. Comme on l'a déjà dit plusieurs fois, la transformation des dextrines en maltose directement fermentescible résulte de l'*action complémentaire de la diastase du malt*.

Nous devons à ce sujet attirer l'attention sur les points suivants, qui offrent une très grande importance : la fermentation ne peut suivre régulièrement et avantageusement son cours que si, lors de la préparation du moût principal, on a employé en quantité suffisante du malt sain, riche en diastase, si en outre celle-ci n'a pas été endommagée par l'opération du démêlage, et si enfin durant le cours de la fermentation du moût l'acidité n'a pas augmenté dans de grandes proportions. Nous connaissons maintenant l'extrême importance de l'*action complémentaire de la diastase* pour l'obtention d'une fermentation complète des moûts, c'est-à-dire d'une bonne fermentation de ces liquides; nous savons quelles conditions sont exigées pour la manifestation de cette action complémentaire de la diastase ; il ne sera donc pas difficile pour le praticien d'éviter ces imperfections, ou au moins d'y porter remède.

La température favorable pour la fermentation complémentaire des moûts est d'environ 26°,25-28°,75 ; par conséquent, dans tous les cas, beaucoup plus basse que celle autrefois usitée pour les moûts clairs lors de leur fermentation complémentaire. Ce traitement différent des moûts riches en sucre, qui aujourd'hui est de plus en plus appliqué, a besoin d'une explication, car l'action de la diastase du malt sur les dextrines et leur transformation en mal-

tose avait sans doute lieu plus rapidement à la température de 30° à 32°,50 qu'à la température plus basse de la fermentation complémentaire. Mais cette dernière température offre l'avantage de réduire la multiplication des ferments secondaires nuisibles, par suite de rendre plus pure la fermentation elle-même. Si nous mettons tous nos soins à faire *durer longtemps* la fermentation complémentaire, la basse température avec sa tendance à ralentir un peu la fermentation sera tout à fait compensée et nous reconnaîtrons les bons effets de cette pratique.

Pour obtenir une bonne température lors de la fermentation complémentaire, on doit, surtout si la levure a fermenté vigoureusement, porter le moût à 25°-26°,25 en refroidissant plus fortement la cuve, lorsque la fermentation principale est terminée. Pendant la fermentation complémentaire elle-même, qui dure environ vingt-quatre à trente heures, le moût s'échauffera de lui-même de nouveau à 27°,50-28°,75.

III. — Conduite de la fermentation.

La conduite de la fermentation consiste à régler la température du moût pendant tout le temps que dure le phénomène, c'est-à-dire pendant soixante-douze heures, et cela en se basant sur les principes qui ont été exposés dans les pages précédentes. Pour résoudre cet important problème de la régularisation de la température, on commence par choisir convenablement la température de mise en fermentation, et ensuite et surtout on se sert de réfrigérants.

Comme dans les deux chapitres précédents il a déjà été beaucoup question de la conduite de la fermentation, nous pouvons ici nous occuper immédiatement de la réponse à la double question : Comment doit-on conduire la fermentation dans les moûts clairs et dans les moûts épais ?

Conduite de la fermentation dans les moûts clairs. — Sous ce nom, on désigne les moûts marquant au saccharomètre 20 p. 100 environ.

Il est plus difficile d'obtenir une bonne fermentation avec des moûts clairs qu'avec des moûts concentrés, parce que dans les premiers il se forme moins d'alcool que dans les derniers et que, par suite, la levure y est moins bien protégée contre les microorganismes nuisibles. En d'autres termes, il est plus difficile d'avoir une fermentation pure dans les moûts clairs que dans des moûts épais avec leur teneur élevée en alcool. L'emploi des antiseptiques a par conséquent pour la fermentation des moûts clairs une importance beaucoup plus grande que pour les moûts épais. Les moûts clairs exigent aussi une levure artificielle plus fortement acidifiée que les moûts épais.

En général, les moûts clairs demandent aussi une température de mise en fermentation plus élevée ; comme la fermentation principale doit également avoir lieu à des températures de 28°,75 à 30°, mais que la quantité de chaleur produite par le décomposition du sucre pendant la fermentation est faible, il faut ici en moyenne que la mise en fermentation ait lieu à une température relativement haute. On mettra en fermentation (sans le secours de réfrigérants) un moût à 20 p. 100 avec 15° environ, un moût à 15 p. 100 avec 17°,50 à 18°,75, un moût à 10 p. 100 avec 22°,50 à 23°,75 environ. La fermentation préliminaire durera à peu près quinze à dix-huit heures, la fermentation principale douze heures environ.

Bien que, lors du travail de moûts clairs, on puisse se passer de réfrigérants et régler l'échauffement du moût par la mise en fermentation, leur emploi est cependant extrêmement avantageux, même avec des moûts peu concentrés.

Conduite de la fermentation dans les moûts épais. — Ici, il est impossible d'obtenir un résultat satisfaisant sans réfrigérant. Pour refroidir les cuves, on suspend dans le moût mis en levain, avant le commencement de la fermentation principale, un appareil réfrigérant et, en faisant passer un courant d'eau froide à travers ce dernier, on peut à volonté régulariser l'échauffement de la cuve en fermentation. Indépendamment de ce point très important, il faut encore considérer que, si l'on ne dispose que d'une petite quantité d'eau froide ou même si l'on n'en a pas du tout, on peut éviter le

refroidissement du moût sucré aux basses températures de mise en fermentation de 16°,25 à 17°,50 et pour cela mettre plus tôt en activité le réfrigérant de la cuve.

Lorsqu'on commença à refroidir les cuves de fermentation, on se servait généralement de simples serpentins en cuivre contournés en spirale, qui avec leurs tubes épais de forme *cylindrique* produisaient une réfrigération défectueuse et étaient beaucoup trop lourds (et trop coûteux). Dans les petites distilleries, on voit encore parfois ces réfrigérants peu pratiques.

Aujourd'hui on emploie de préférence et avec raison des serpen-

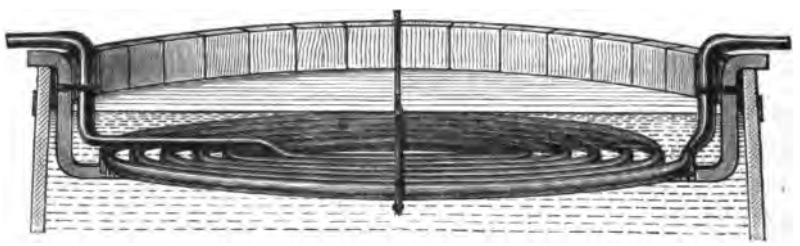


Fig. 85. — Réfrigérant de Heckmann.

tins dont les circonvolutions se trouvent sur le même plan. Les tubes ont une forme *ovale*, et comme diamètres intérieurs moyens 3 et 1 cm. Pour 1 000 litres de capacité de cuve on compte en moyenne 0,5 m² de surface réfrigérante ; la consommation d'eau pour 10 hectolitres de moût est de 500 litres environ.

La figure 85 représente un réfrigérant *fixe* pour cuves de fermentation, dû à G. Heckmann, de Berlin. Les circonvolutions de ce serpentin, formé de tubes ovales, sont, comme on le voit, dans un même plan horizontal. Les tubes ont une section de 40 mm. de hauteur sur 10 mm. de largeur, et ils reposent sur des tringles en cuivre placées de champ. Le poids du réfrigérant Heckmann oscille, suivant la grandeur des cuves, entre 20 et 50 kg. ; par suite de leur faible poids, ces réfrigérants peuvent être facilement transportés d'une cuve dans une autre. Par mètre carré de surface réfrigérante, les réfrigérants occupent un volume de 3 à 3,5 litres. L'orifice d'entrée du serpentin est muni d'un raccord à vis, afin que l'on puisse y adapter et en enlever facilement le tube adducteur de l'eau.

Il faut toujours ajouter une grande importance au nettoyage méticuleux du serpentin, dont la propreté doit être rigoureusement entretenue, car, surtout avec les moûts fermentant mal, des éléments du moût, de la levure, des matières visqueuses, etc., se déposent avec une grande facilité sur les serpentins et, le nettoyage étant défectueux, transportent d'un moût à l'autre, sans que le distillateur s'en doute, des organismes nuisibles à la fermentation. Le nettoyage intérieur de ces serpentins spiraliformes est plus difficile, par exemple, que celui du réfrigérant de *Hesse*, qui se compose de tubes juxtaposés parallèlement et réunis ensemble au moyen de pièces tubulaires courbées.

Ces réfrigérants sont *immobiles* dans les moûts à refroidir ; mais pour le travail des moûts épais l'emploi de réfrigérants *mobiles* doit être considéré comme un important progrès, à cause du triple avantage qu'ils présentent :

1° Le refroidissement rapide produit par les serpentins mobiles diminue la consommation d'eau, ce qui est important pour un grand nombre d'usines ;

2° Le mouvement du réfrigérant expulse l'acide carbonique du moût en fermentation, ce qui diminue considérablement la fâcheuse influence de cet acide sur la fermentation ;

3° On n'a pas besoin de laisser dans les cuves un espace aussi grand pour la montée de la levure ; un espace libre moitié moins grand en moyenne que celui qu'on réservait autrefois, est alors suffisant.

L'action favorable d'un réfrigérant mobile n'est obtenue d'une façon tout à fait complète que si le mouvement de l'appareil est produit avec la force et la rapidité nécessaires. C'est ce qui en général n'a coutume d'avoir lieu que lorsque ce mouvement est fourni par un petit moteur spécial ou par la machine à vapeur au moyen d'une transmission convenable : *réfrigérant mobile mécaniquement*. Le *réfrigérant mobile automatiquement*, qui est mis en mouvement par l'eau servant à la réfrigération ou d'une manière générale par de l'eau, n'est pas généralement aussi avantageux que celui qui est mû mécaniquement. Mais le *mouvement* des réfrigérants peut toujours être recommandé partout où une hauteur insuffisante de la salle de fermentation rend impossible

l'installation de la réfrigération mécanique à l'aide d'une transmission ou autrement.

Les grandes distilleries feront bien de s'arranger de façon à pouvoir faire fonctionner le refroidissement mécanique à n'importe quel moment, et dans ce but elles établiront, comme on l'a déjà dit, un petit moteur (à benzine, à gaz, ou mieux à alcool), à l'aide duquel il leur sera possible, que la machine à vapeur soit en

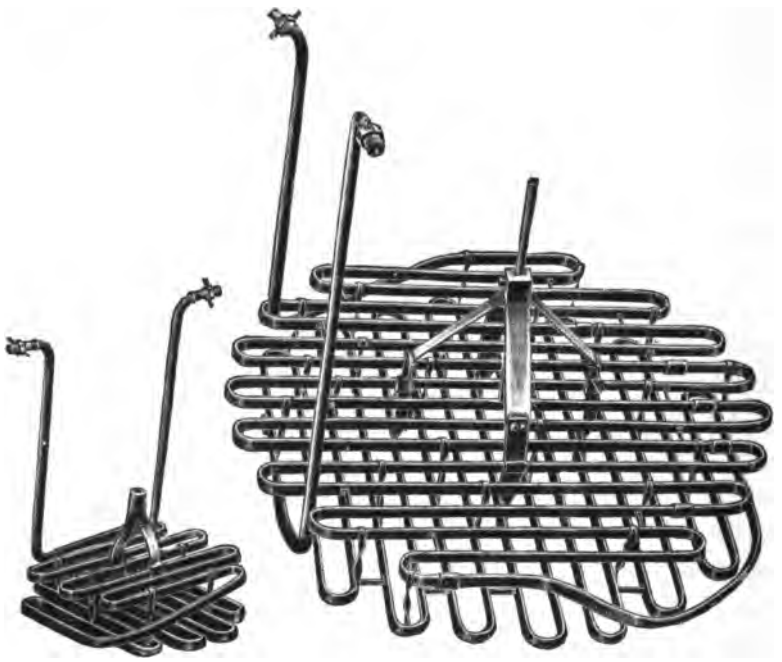


Fig. 86. — Réfrigérant de Stenglein.

activité ou au repos, de faire marcher le réfrigérant mécanique à toute heure du jour ou de la nuit.

Parmi les différents modes de construction de réfrigérants mobiles, nous n'en décrirons que quelques-uns ; ils sont du reste assez semblables aux dispositifs qui sont employés pour le refroidissement de la levure et qui ont été décrits dans le chapitre précédent.

Le réfrigérant de Stenglein (fig. 86) pour levure et cuve de fermentation se compose de tubes plats, qui sont disposés en deux plans horizontaux superposés, se croisent à angle droit et étendent

leur action réfrigérante et leur mouvement à la section tout entière du moût. L'appareil est actionné par une force mécanique, le serpentin étant, à l'aide d'un levier, mis en communication avec un arbre mû par la machine. Un pareil dispositif est d'une installation facile, il offre en outre l'avantage d'avoir un mouvement régulier, comme cela a lieu pour une pompe, ce qui permet également de régler exactement l'effet du travail.

Parmi les serpentins réfrigérants s'éloignant de la forme ordinaire nous citerons : le *réfrigérant angulaire* de Roser, construit par Preiser, de Fraustadt. La manière dont cet appareil est mis en mouvement diffère aussi du mode ordinaire. Le réfrigérant ne subit pas un simple mouvement d'élévation et d'abaissement, mais il est animé d'un mouvement de balancement analogue à celui d'un pendule.

Les réfrigérants sont formés de six tubes plats réunis entre eux par des pièces courbes, recourbés à angle droit dans leur milieu et fixés de chaque côté sur des cadres en fer ; transversalement, dans l'angle formé par les tubes et fixé à ceux-ci, se trouve un arbre muni d'un bras de levier.

De chaque côté de la cuve sont fixés à vis des supports de coussinets ; pour chaque réfrigérant il faut établir deux coussinets avec trois trous chacun. Le réfrigérant peut maintenant être à volonté mis en mouvement en dehors du moût ou dans ce dernier ; il suffit pour cela de placer les tourillons de l'arbre de l'appareil dans les trous des coussinets les plus hauts ou les plus bas. Dans sa plus grande course, le réfrigérant a une position moitié horizontale et moitié verticale, de sorte que le moût contenu dans la cuve est brassé dans toute sa masse.

Relativement à l'économie d'espace perdu que permettrait l'emploi de ce réfrigérant mobile et grâce à laquelle on pourrait préparer à la fois une plus grande quantité de moût et par suite diminuer les frais généraux de fabrication, Roser donne les indications suivantes : par cuve de 3 000 litres, on pourrait traiter en plus 100 kilogrammes de pommes de terre, ce qui correspondrait à une économie d'espace perdu de 10 cm. environ. Ces pommes de terre traitées en plus correspondraient par mois, la fabrication étant doublée, à quatre cuves de moût, de sorte que

l'emploi de ces réfrigérants procurerait une économie de frais mensuelle (impôts, charbon,-main d'œuvre) de quatre cuves environ. Comme une installation pour une fabrication triple ou quadruple, y compris la petite machine à vapeur, revient à 1 250-1 500 francs, une pareille installation serait, d'après ces indications, très promptement payée.

En ce qui concerne la consommation d'eau de ces réfrigérants, Roser avance que le moût mis en fermentation avec 18°,75 était refroidi dans l'espace de temps écoulé de 5 heures du matin

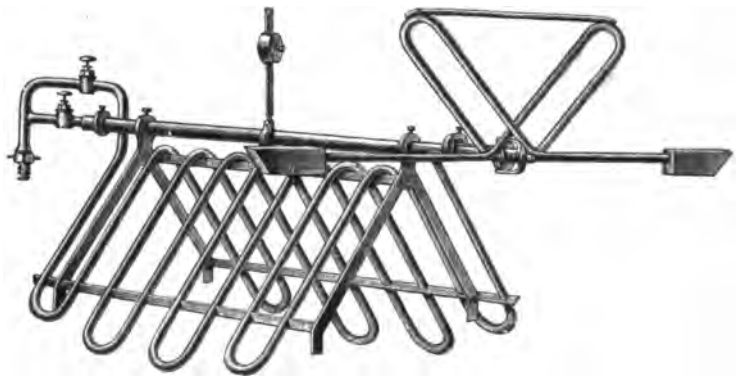


Fig. 87. — Réfrigérant d'Hipper.

à 3 ou 4 heures du soir; la consommation d'eau s'élève par minute de 1 lit. 1/2 à 2 litres, de sorte que, pour une réfrigération de dix heures environ, la quantité d'eau consommée s'élève à 900-1 200 litres.

D'après les expériences effectuées par l'auteur, les réfrigérants de Roser sont excellents, surtout en ce qui concerne l'économie d'espace perdu.

Le réfrigérant pour moût et levure de Hipper, d'Oppeln, ressemble extérieurement à l'appareil de Roser.

Ce réfrigérant, qui est représenté par la figure 87, se compose de deux parties principales.

a. Le *réfrigérant* consiste en un arbre creux, auquel est fixé un support angulaire en fer avec tubes réfrigérants en cuivre ovales et recourbés en forme de serpentin.

Il y a en outre sur l'arbre deux curseurs et une tige de fer avec

poids mobile. Sur le côte gauche de l'arbre sont adaptés deux robinets, afin de pouvoir diriger l'eau par le réfrigérant de l'arbre creux ou les deux en même temps vers l'appareil moteur.

Lorsque le robinet supérieur est ouvert et l'inférieur fermé, l'appareil refroidit et se meut ; si au contraire le robinet inférieur est ouvert et le supérieur fermé, l'appareil ne fait que se mouvoir.

Si l'appareil doit se mouvoir, tout en ne refroidissant que peu, on ouvre les robinets en conséquence.

b. L'*appareil moteur*, qui est fixé sur l'arbre au moyen d'un étrier à vis facile à enlever, se compose de deux tubes courbés, comme le montre la figure, et aux extrémités desquels se trouvent des boîtes à eau.

Le mouvement automatique de l'appareil, qui repose sur deux coussinets adaptés sur la cuve, a lieu de la manière suivante :

La disposition particulière des tubes courbés, mentionnés en *b*, permet à l'eau venant du réfrigérant de toujours s'écouler vers la boîte à eau la plus élevée. Lorsque celle-ci est suffisamment pleine, elle commence à s'abaisser, tandis que la deuxième boîte, qui est vide, s'élève ; l'eau coule alors immédiatement vers cette dernière. Les boîtes se vident dès qu'elles ont atteint leur position la plus basse.

La vidange et le remplissage alternatifs des boîtes à eau maintiennent tout l'appareil dans un mouvement d'oscillation continu.

Comme il n'y a pas dans l'appareil de parties mobiles, telles que soupapes, boules en caoutchouc, etc., aucun arrêt n'est à craindre.

L'entrée et la sortie de l'eau étant en dehors de la cuve, il ne peut pas s'écouler d'eau dans cette dernière.

Suivant la nature du moût, l'appareil fait quatre à huit tours par minute, avec une consommation d'eau de deux litres environ par tour, et il permet une économie d'espace perdu de 50 p. 100 environ.

Dans l'appareil construit par Franz Hornung, de Berlin (fig. 88), l'eau de refrigération ou de l'eau en général, fournit la force qui fait mouvoir le serpentin.

Au bras le plus court d'un levier creux H mobile sur une four-

che, fixée sur le bord de la cuve de fermentation, est suspendu un serpentin réfrigérant, et sur le bras le plus long de ce levier est établi excentriquement le vase à bascule K. L'eau sortant du réfrigérant se déverse par le levier creux H dans le vase K, qui, avec le levier, est ainsi abaissé et qui, après son remplissage, étant arrivé au point le plus bas de sa course, touche le bras régulateur R, bascule et se vide de son contenu. Par suite de cela, le réfrigérant s'abaisse, tandis que l'eau qui en sort coule dans le compartiment postérieur du vase K et redresse ce dernier.

Le bras régulateur R étant mobile, on peut lui donner une posi-

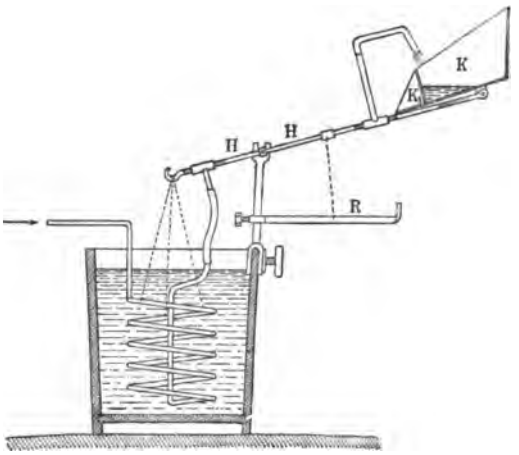


Fig. 88. — Réfrigérant de Hornung.

tion telle que le vase à bascule se vide plus ou moins souvent, et par suite faire varier la lenteur de la course du réfrigérant.

J. Granzow, de Hecklingen (Anhalt), a fait breveter en Allemagne un appareil pour refroidir et mouvoir le moût sans la force de la vapeur et dans lequel le réfrigérant est fixe. C'est celui qui est représenté par la figure 89, avec le dispositif servant à faire mouvoir automatiquement un agitateur.

L'appareil a pour but d'empêcher le débordement du moût, sans qu'il soit nécessaire d'exercer une surveillance particulière.

Comme les moûts épais à 25-26° Balling, préparés avec des matières pauvres en amidon, exigent un espace perdu de 18 à 20 cm., l'inventeur s'est efforcé de rendre possible le remplissage des cuves

à moût à une hauteur beaucoup plus grande et par suite de permettre le traitement d'une quantité plus considérable de matière alcoolisable, de façon qu'il n'y ait d'espace perdu que juste celui qui est nécessaire pour la fermentation, mais qu'un débordement du moût soit empêché, et c'est ce que l'on réalise complètement à l'aide du dispositif en question.

. Si, par exemple, on prend une cuve de 1,75 m. de diamètre et 1,25 m. de hauteur = 3 000 litres de capacité, chaque centimètre de hauteur de remplissage en plus donnera une économie de

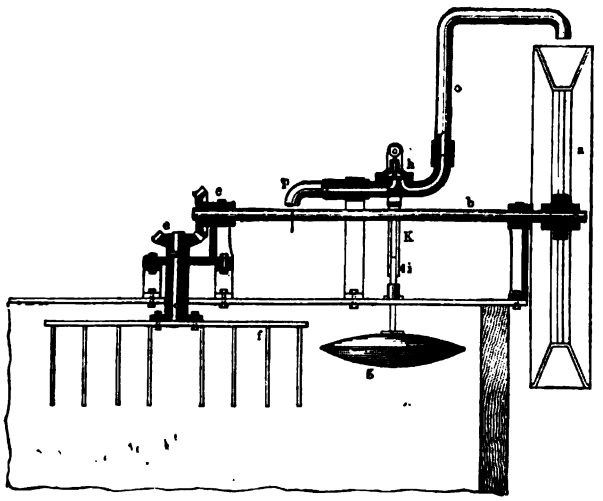


Fig. 89. — Appareil de Granzow.

24 litres. Avec l'appareil précédent il faudrait, non pas 18 à 20 cm., mais seulement 8 à 10 cm. d'espace perdu, suivant la concentration du moût et, par suite, il en résulterait une économie de $10 \times 24 = 240$ litres par cuve, c'est-à-dire qu'avec 15 cuves une cuve serait traitée sans frais. Tout propriétaire de distillerie peut, d'après cela, calculer lui-même le rendement de l'appareil, tout en n'oubliant pas de considérer qu'il n'exige ni surveillance, ni force motrice.

Dès que la cuve de fermentation est remplie de moût jusqu'à la hauteur indiquée, l'appareil, qui, bien que légèrement construit, est cependant solide et peut être commodément manié par un homme, est installé sur la cuve sans la roue motrice, celle-ci est

ensuite calée sur l'arbre horizontal, puis un tuyau en caoutchouc, adapté à une conduite d'eau ou à un réservoir établi à 2 m. environ de hauteur, est fixé au tube *p*, et maintenant l'installation est achevée. Dès que le moût s'élève jusqu'au niveau du flotteur *g*, qui à l'aide de la vis *i* a été préalablement mis en position convenable, le flotteur, par l'intermédiaire de la tige K, soulève la soupape *h*, l'eau arrive par le tube *o* sur la roue *a*, celle-ci, par l'intermédiaire de l'arbre *b* et de l'engrenage conique *cc*, met en mouvement l'agitateur *f*, qui brise le chapeau du moût et fait dégager l'acide carbonique; alors, la fermentation tombe, le flotteur s'abaisse, ferme la soupape, et l'appareil se met spontanément au repos; cela se renouvelle jusqu'à ce que la fermentation montante soit passée.

Comme toutes les parties de l'appareil sont très mobiles, la consommation d'eau, chaque fois que l'on s'en sert, est extrêmement faible, et elle peut être réduite au minimum si l'on emploie pour mettre l'appareil en mouvement l'eau traversant le serpentin réfrigérant; dans ce cas, l'afflux direct est supprimé pendant tout le temps qu'on se sert de cette eau.

La roue hydraulique et l'appareil agitateur pèsent ensemble 30 kg. Pour maintenir l'agitateur en activité, on consomme par heure environ 50 litres d'eau. Lors de la première montée du moût, on emploie, pour mettre l'agitateur en mouvement, de l'eau directe, à laquelle on substitue l'eau sortant du réfrigérant dès qu'on se sert de ce dernier.

Aux distilleries qui jusqu'à présent ont travaillé avec des réfrigérants fixes, et qui pour une raison quelconque n'ont pas pourvu leurs cuves de fermentation de réfrigérants mobiles, nous devons recommander l'appareil de Granzow. L'action de cet appareil combinée avec celle du réfrigérant existant dans les cuves donnera exactement le même résultat que les réfrigérants mécaniques.

Après avoir décrit les différents appareils imaginés pour le refroidissement mécanique des cuves de fermentation, nous devons résumer brièvement leur mode d'emploi et les résultats qu'ils permettent d'atteindre.

Afin de réaliser le plus complètement possible les avantages que peuvent procurer ces appareils — économie d'espace perdu ou

augmentation du volume du moût, fermentation plus facile pour la levure et meilleure pour les moûts, — et en outre de ne pas éprouver de pertes en moût par débordement, il faut pour les moûts épais conduire de la manière suivante le refroidissement de la cuve et avec lui la régularisation du cours de la fermentation. La fermentation préliminaire doit avoir lieu à 17°,50-22°,50, la fermentation principale à 27°,50-28°,75, mais en aucun cas à une température plus haute que 30°, tandis que pour la fermentation complémentaire la température ne doit être plus basse seulement de 1°,25 à 2°,50 que pendant la fermentation principale.

Une faute, que l'on commet souvent lors du maniement des réfrigérants, consiste en ce qu'on ne commence le refroidissement que lorsque la température critique de 28°75-30° a déjà été atteinte par le moût ; pour arrêter promptement l'énergique développement de chaleur et avec lui l'élévation de température qui se produisent surtout dans les moûts épais, on refroidit avec une telle énergie que la température du moût s'abaisse subitement. Une semblable manière de faire est en toutes circonstances défectueuse et, sans exception, il en résulte qu'une fois la fermentation principale interrompue, elle ne reprend plus vigoureusement et qu'alors on a une fermentation imparfaite, une perte d'alcool.

Pour que le refroidissement soit bien conduit, il faut avant tout éviter un abaissement subit de la température du moût et commencer la réfrigération d'assez bonne heure, à 22°,50 environ ; dans cette période un très faible écoulement d'eau est suffisant pour que la température ne s'élève que lentement dans le moût. Mais si ce dernier s'échauffe à 25°-26°,25, il faut mettre en œuvre toute l'action réfrigérante du refroidisseur, afin de ne pas dépasser 28°,75 ou 30° au plus.

Si avec la fin de la fermentation principale, on arrête la réfrigération de la cuve, il se produit ordinairement encore dans le moût, pendant la fermentation complémentaire, une faible élévation de température s'élevant à 1°,25-2°,50. Pour éviter cela et qu'au contraire la fermentation secondaire se produise plus froide de 1°,25 à 2°,50 que la fermentation principale, il ne faut pas, une fois la fermentation principale achevée, cesser immédiatement de refroidir, il faut, au contraire, continuer le refroidissement pendant quelque

temps encore, jusqu'à ce que le moût soit arrivé à 25°. Si la levure employée était bonne, le moût, pendant le cours de la fermentation complémentaire, s'échauffera toujours encore de 1°,25 à 2°,50.

Nous allons donner un exemple des résultats que peut donner l'emploi des réfrigérants mobiles dans les cuves de fermentation :

Étant donné des cuves de 3 000 litres, on peut travailler en plus par cuve 200 et même 500 kg. de pommes de terre ; avec un travail double, cela fait par jour 400 à 450 kg. de tubercules, et par mois 12 000 à 15 000 kg. Cette quantité de matière suffirait pour préparer le moût de six cuves ; on peut, par suite, en un mois, préparer en plus six cuves exemptes de tous frais. Avec un travail double, il y a donc par mois en impôt sur la capacité des cuves une économie d'environ 295 fr., ce qui, pour une campagne de six mois seulement, représente déjà 1 770 fr. On voit, par ce petit calcul, que les frais d'achat et d'établissement d'un réfrigérant mobile pour les cuves de fermentation ne sont pas seulement payés dans l'espace d'une campagne, mais qu'il en résulte aussi un bénéfice net.

Naturellement, cela suppose que le dispositif mécanique du réfrigérant mobile est établi par un constructeur expérimenté, que le réfrigérant fait 10 à 14 tours par minute, avec une hauteur de course de 60 à 70 cm. Il est tout à fait convenable de brasser la cuve qui se trouve en fermentation à l'aide d'une croix simple en fer ou en cuivre, ce qui non seulement empêche le débordement du moût, mais a encore pour conséquence une plus active multiplication de la levure, par suite de l'aération ainsi produite. Le mouvement de cette croix métallique est naturellement aussi assuré au moyen du mécanisme du réfrigérant. Un mouvement convenablement réglé semble aussi avoir une influence favorable sur le moût qui se trouve en fermentation secondaire. Une petite machine à vapeur, pour laquelle la vapeur de la chaudière qui existe encore après le travail terminé suffit complètement pour assurer le mouvement pendant la nuit. Cette machine marche, par conséquent, sans chauffage extraordinaire et sans surveillance particulière. Enfin, la moindre consommation d'eau par les réfrigérants mobiles est aussi d'une grande importance pour un grand nombre de distilleries. En résumé, on peut dire

qu'en Allemagne, avec le régime actuel de l'impôt sur la capacité de cuve, le procédé de réfrigération et d'agitation dont il vient d'être question, qui donne le rendement le plus grand possible, devrait être appliqué dans toutes les distilleries.

Si, contrairement à ce qui vient d'être dit, quelques grandes usines, qui rectifient elles-mêmes, n'ont pas adopté la réfrigération mobile des cuves, cela s'explique pour les fabriques travaillant exclusivement le maïs, parce que les moûts de maïs fermentent tranquillement et n'exigent qu'un faible espace pour la montée de la levure. En outre, il ne faut pas méconnaître que la qualité de l'alcool brut n'est pas améliorée par l'aération résultant de l'emploi des réfrigérants mobiles.

Rafraîchissement des moûts avec de l'eau. — Le rafraîchissement des moûts, c'est-à-dire leur dilution avec de l'eau lorsque la fermentation principale est terminée, est un des meilleurs moyens qui nous permettent de conduire convenablement la fermentation des moûts épais. Si le rafraîchissement de moûts *clairs* reste sans influence sur le degré de fermentation et le rendement en alcool, le rafraîchissement des moûts épais n'est pas seulement utile, il est même indispensable. Des expériences bien conduites ont montré que pour les moûts avec une teneur en extrait supérieure à 22 p. 100 la dilution avec de l'eau élevait le rendement en alcool. La raison de cette particularité est très facile à trouver ; les produits de la métamorphose de la matière de la levure qui se rassemblent dans le moût pendant le processus de la fermentation, l'alcool le premier, ralentissent la fermentation. Si l'on ajoute de l'eau, ces produits nuisibles sont dilués, la levure est en quelque sorte déchargée.

Nous savons que la multiplication de la levure cesse lorsqu'il y a dans le moût 5 vol. p. 100 d'alcool ; il faut donc, d'après cela, rafraîchir le moût aussi tôt que possible, avant qu'il se manifeste un trouble dans la fermentation. Une addition de petites quantités d'eau, répétée souvent, semblerait indiquée, si cela était permis par les agents préposés à la perception de l'impôt (en Allemagne).

Il est évident que le rafraîchissement offre aussi un moyen, par

l'emploi d'eau chaude ou froide, de régulariser les températures de fermentation. Maintenant que l'on a reconnu la supériorité des basses températures pour la fermentation secondaire, on rafraîchira avec de l'eau froide comme dans la fermentation principale.

Le rafraîchissement n'est, en général, effectué que lorsque la fermentation principale est achevée. Avec l'emploi des réfrigérants mobiles, la quantité d'eau de rafraîchissement, comme l'espace perdu nécessaire, a subi une diminution importante.

Un rafraîchissement des moûts entrant en fermentation secondaire avec de la *levure de bière*, ne donne pas en général une fermentation meilleure ; s'il y a un rendement en alcool plus grand, il provient de l'alcool encore contenu dans la levure.

Espace perdu des cuves de fermentation. — On désigne sous ce nom l'espace vide laissé lors du remplissage de la cuve de fermentation, lequel est, plus tard, comblé par le moût qui monte pendant la fermentation. En effet, l'acide carbonique, dont le dégagement est extrêmement vif durant la fermentation principale, fait monter le niveau du moût, qui alors déborderait si un espace vide n'était pas laissé avec une grandeur suffisante. (En Allemagne, par suite des dispositions fiscales, le moût qui a pu se déverser ne peut être retourné dans la cuve de fermentation ; le distillateur qui ne tiendrait pas compte de cette prohibition, serait considéré comme fraudeur.)

La hauteur de l'espace perdu est extrêmement variable et dépend de nombreuses influences, qui doivent être connues du distillateur travaillant sous le régime de l'impôt de la capacité de cuve.

L'espace vide à laisser dépend en première ligne de la *concentration plus ou moins grande* du moût.

On sait généralement que les moûts riches en sucre exigent plus d'espace libre que les moûts pauvres. Le moût riche en sucre, spécifiquement plus lourd, oppose au dégagement de l'acide carbonique une résistance plus grande que les moûts pauvres en sucre et légers.

Par exemple, la différence entre l'espace perdu pour des moûts à 25 p. 100 de sucre et celui pour des moûts à 22,5 p. 100 seulement, s'élève à 2 cm. ou 1 1/4 p. 100 environ.

Les *pommes de terre à peau épaisse* exigent naturellement un espace vide beaucoup plus grand que celles à *peau mince*. Il est avantageux pour le travail de mélanger les sortes dans la distillerie et par exemple de traiter la Daber à peau épaisse avec la Seed à peau mince.

Les matières étrangères contenues dans les moûts, comme, par exemple, la paille, les tiges ou les feuilles de pommes de terre, les brins de balais, les fragments de pommes de terre atteintes de pourriture sèche, agrandissent évidemment l'espace perdu. C'est ce qui, d'ailleurs, est nettement démontré par cette circonstance qu'en automne les pommes de terre travaillées immédiatement à la sortie du champ exigent un espace vide beaucoup moins grand que celles qui proviennent des silos. On peut voir là l'influence du mélange de matières étrangères, mais aussi reconnaître la grande valeur des appareils de dépelage.

Les pommes de terre peu cuites exigent un plus grand espace vide que celles qui sont très cuites. Hesse, se basant sur sa propre expérience, évalue à 4 p. 100 la différence entre l'espace vide nécessaire pour les moûts de pommes de terre peu cuites et celui qui est exigé par les moûts préparés avec des tubercules très cuits.

Les moûts de pommes de terre *gelées* ou *malades* exigent toujours un plus grand espace vide que ceux qui sont obtenus avec des tubercules sains ; les pommes de terre malades sont, en effet, difficiles à cuire et les parties peu cuites font monter fortement le moût.

Une *cuve-matière fonctionnant mal* produit toujours des moûts épais, exigeant beaucoup d'espace libre.

Si la saccharification n'a pas été bien conduite, c'est-à-dire si le rapport entre la maltose et les dextrines est au-dessous de la normale, on obtient également des moûts épais, qui exigent un espace libre plus grand que ceux qui résultent d'une saccharification normale.

Mais comme en procédant lentement on peut produire, même avec des cuves-matière fonctionnant mal, des moûts dans lesquels la dextrine et la maltose sont en proportions normales, le distillateur peut lui-même conduire le travail de façon à obtenir un moût exigeant un espace libre plus ou moins grand. Si l'on travaille

lentement, on obtiendra une saccharification normale et le moût exigera moins d'espace vide que dans le cas contraire.

Lorsqu'on emploie du malt très frais ou tout à fait mauvais, ainsi que lorsque l'économie du malt est poussée trop loin, les moûts exigent toujours un espace perdu d'une très grande hauteur. Il est évident que cela est dû au manque de diastase, dans lequel cas la formation de la dextrine est favorisée aux dépens de la production de la maltose; mais, comme on l'a déjà dit, l'acide carbonique se dégage des moûts riches en dextrine beaucoup plus difficilement. Mais plus le malt est vieux et meilleur il est, meilleur aussi est la saccharification, et moins a besoin d'être grand l'espace perdu.

Agissent aussi dans le sens de l'amoindrissement de l'espace libre :

Le dépelage du moût, ainsi que l'emploi des *réfrigérants mobiles dans les cuves de fermentation*, dont nous avons parlé précédemment avec tous les détails nécessaires.

La cuisson de maïs avec de la mélasse, qui fournit un moût plus fluide. Avec le maïs il faut aussi tenir compte de la teneur en matière grasse.

Les moûts avec une teneur en acide anormale, ainsi que ceux qui se trouvent dans *la première période de la fermentation mousseuse*, n'ont besoin que d'un faible espace libre.

Relativement à la hauteur moyenne de l'espace vide nécessaire, nous pouvons donner les indications numériques suivantes :

Des cuves de 30 hectolitres environ et de la forme ordinaire exigent avec des moûts marquant à peu près 20° saccharométriques une hauteur d'espace perdu de 12 à 15 cm. ; ce qui fait en nombre rond 10 p. 100 environ de la capacité de la cuve.

Les moûts épais non dépelés, avec réfrigérant fixe dans la cuve, exigent un espace perdu au moins tout aussi grand.

Les moûts épais, dépelés et fermentés avec réfrigérant mobile dans la cuve n'exigent au contraire que 9 à 12 cm. d'espace libre. On rencontre même souvent des cas dans lesquels on peut économiser 50 p. 100 sur l'espace libre qui était autrefois nécessaire avec l'ancien procédé.

Différentes formes de la fermentation. — Les phénomènes que l'on peut observer pendant la fermentation, surtout dans sa période

principale, ne sont pas semblables en toutes circonstances, ils peuvent au contraire, suivant la nature et le mélange des matières employées, suivant la concentration du moût, suivant l'espèce et la quantité du ferment, suivant la température de la mise en fermentation, etc., être tout à fait différents. C'est pour cela que dans la pratique on parle de différentes espèces ou même de formes de fermentations, auxquelles on donne des noms qui désignent la manière dont se comporte le moût durant la fermentation.

Le moût ordinaire, qu'il ait été préparé avec des céréales ou des pommes de terre, se compose, comme on le sait, d'une partie liquide, séparable par filtration, le moût proprement dit, et de substances solides insolubles (glumes des céréales, peau des pommes de terre), qui constituent ce qu'on désigne sous le nom de *drèche*. Celle-ci est refoulée par l'acide carbonique à la surface du moût et y forme un *chapeau*, dont la hauteur varie avec l'apparence du moût. Une fermentation dans laquelle il ne se forme pas du tout de chapeau est considérée comme très faible et défectueuse. La fermentation ne peut être vive et sans chapeau qu'avec des moûts très clairs, pauvres en drèche ou n'en contenant pas du tout, par exemple avec des moûts de pommes de terre et de céréales dépelées, des moûts de mélasses ou des jus de betteraves. On parle de fermentation avec chapeau, lorsque pendant celle-ci il se forme une couverture à la surface du moût. Si le chapeau n'est pas du tout brisé par le moût sous-jacent, on a la *fermentation sous chapeau*, qui ne donne pas un bon résultat. Si dans le chapeau il se produit de petites ouvertures avec bord saillant, écumeux, desquelles, comme de petits cratères, le moût est projeté, ou sur lesquelles se produisent des bulles, on a alors la *fermentation bulleuse*, qui donne un rendement meilleur, mais non le plus élevé.

La fermentation la plus énergique est celle dans laquelle l'acide carbonique se dégage régulièrement en soulevant la couche écumeuse formée par la drèche d'un côté de la cuve et en l'abaissant de l'autre. On s'accorde généralement à considérer cette forme de fermentation, désignée sous le nom de *fermentation ondoyante*, comme fournissant un excellent rendement.

Dans la *fermentation ascendante et descendante*, le chapeau formé

par les drèches est soulevé par l'acide carbonique et ensuite il s'abaisse, lorsque le gaz s'est frayé une issue ; ou bien le moût s'enfle, monte et ensuite s'affaisse. La montée et la chute du moût se renouvellent à des intervalles assez réguliers, absolument comme le mouvement de la mer, et c'est pour cela que l'on parle d'une fermentation par flux et reflux ou ascendante et descendante. En outre, le moût est souvent projeté à une certaine hauteur. Cette forme de fermentation s'observe surtout avec les moûts épais et est moins favorable, d'abord parce que les cuves ne peuvent être aussi remplies que dans la fermentation ondoyante, et ensuite parce que le dégagement tumultueux de l'acide carbonique entraîne une perte d'alcool plus grande.

La *fermentation mousseuse* qui est une forme normale pour les moûts de grains de la fabrication de la levure pressée et qui ne doit pas être attribuée à un état pathologique des cellules de levure, est au contraire extrêmement redoutée de la distillerie ordinaire, parce qu'elle peut avoir pour conséquence des pertes importantes.

Lorsque le moût s'est élevé à une certaine hauteur, il se forme à sa surface des bulles écumeuses, dont la transparence est troublée par de la levure entraînée ; comme ces bulles ne crèvent pas, mais deviennent de plus en plus nombreuses, l'écume passe par-dessus le bord de la cuve ou l'on peut perdre ainsi jusqu'à un tiers du contenu de cette dernière.

L'écume apparaît avec le début de la fermentation principale, pour ne disparaître que peu à peu, à mesure que la fermentation perd en intensité.

La fermentation mousseuse peut être produite par différentes causes ; fréquemment elle est due à un défaut de propreté des conduites du moût et de la levure. En échaudant, vaporisant ou désinfectant les conduites, on remédiera à cet inconvénient.

Très souvent, l'origine de la fermentation mousseuse doit être cherchée dans les matières travaillées, les pommes de terre, par exemple. Les pommes de terre *pauvres en fécule*, par conséquent aussi les pommes de terre hâtives, ont une tendance particulière à la fermentation mousseuse. Les pommes de terre *extrêmement riches en fécule* se comportent de la même manière, ce qu'explique facilement la difficulté de les cuire à point. En effet, un moût pré-

paré avec des tubercules mal cuits offre une consistance visqueuse, qui favorise la formation de la mousse.

Une cuisson à haute pression prolongée pendant longtemps, en évacuant complètement l'eau de végétation, est ici avantageuse. Les amides contenues dans l'eau de végétation, lesquelles sont d'excellents aliments pour la levure, provoquent la fermentation mousseuse. Les fortes fumures, par exemple avec du fumier de mouton, du salpêtre du Chili et de la kainite, produiraient également la fermentation mousseuse. Ici, comme avec les sols riches en azote, on obtient — dans le premier cas par retard de la maturité — des pommes de terre pauvres en fécule, mais riches en amides, qui par suite de cette composition prédisposent à la fermentation mousseuse. Le *mode de construction des appareils à moût, ainsi que leur maniement*, peuvent produire la fermentation mousseuse; c'est ce qui a lieu, par exemple, avec les cuves-matière centrifuges, lorsque par suite d'un mouvement trop rapide de l'agitateur l'aération du moût dépasse la mesure nécessaire. Une diminution de la vitesse de rotation de l'agitateur fait dans ce cas disparaître la fermentation mousseuse.

Cependant, les points sur lesquels nous venons d'attirer l'attention perdent plus ou moins de leur importance vis-à-vis de la cause principale de la fermentation mousseuse, qui réside dans le *caractère particulier de la race de la levure et son mode de nutrition.*

En employant la levure pure race II, on pourrait facilement constater que les différentes races de levure ont aussi une tendance différente à la production de la fermentation mousseuse.

Comme la principale cause de la fermentation mousseuse doit être cherchée dans une multiplication exubérante de la levure, les précautions usitées contre cette multiplication peuvent aussi servir pour combattre cette forme de fermentation si gênante. Par exemple, la préparation d'*un moût-levain concentré*, pas au-dessous de 20° saccharométriques, et si c'est possible à 22-24°, devient dans ce cas la condition fondamentale ; une *fermentation intense* de cette levure artificielle produira une teneur élevée en alcool, et sera par suite une circonstance favorable, parce que, même avec une teneur en alcool de 5 p. 100, la levure cesse de se multiplier. Le

renforcement de la levure avec du moût sucré usité jusqu'ici, doit être supprimé, parce que cette manipulation a exclusivement pour but de produire une abondante multiplication des cellules de levure ; la levure artificielle, lors de son emploi, ne doit plus se trouver qu'en fermentation peu intense. Relativement aux températures auxquelles la levure artificielle doit être traitée, la température de mise en fermentation offre une très grande importance : elle doit être mesurée de façon que, dans le cours d'une fermentation de vingt-six heures environ, une température de 30° à 31°,25 soit atteinte.

En traitant la levure comme il vient d'être dit, on peut dans la plupart des cas empêcher la fermentation mousseuse. Mais, inversement, on a par cela même la possibilité de transformer à volonté la fermentation normale d'une levure aussi bien en la fermentation mousseuse pétillante qu'en la fermentation tranquille sous chapeau. Et en effet un moût-levain pauvre en sucre fermenté faiblement et à basse température produira promptement la fermentation mousseuse, tandis que la fermentation sous chapeau sera la conséquence d'une fermentation de la levure fréquemment renouvelée et extrêmement intense aux températures les plus élevées.

Outre ce traitement, pour ainsi dire interne, de la fermentation mousseuse, traitement qui est basé sur la modification de l'état physiologique des cellules de levure, il existe toute une série de moyens externes auxquels on peut avoir recours pour la combattre.

On recommande d'enduire le bord de la cuve avec du suif ou de la crème riche en graisse, de projeter sur le moût un peu d'huile ou de suif fondu, ce qui fait crever rapidement les bulles remplies d'acide carbonique. On attribue, et avec raison, une action particulièrement efficace pour la destruction de la mousse au saindoux fondu ou en fusion ; quelques cuillerées font tomber la mousse la plus intense dans l'espace de quelques instants. Le pétrole, à cause de son odeur désagréable, ne devrait pas être employé si fréquemment pour combattre la fermentation mousseuse. Ces matières agissent mécaniquement sur le moût. Le mélange de maïs aux pommes de terre, ainsi que le remplacement du malt d'orge par du malt d'avoine passent également, mais à tort, pour des remèdes infaillibles contre la fermentation mousseuse ; ces moyens rendent

souvent service, mais il s'en faut que ce soit toujours ainsi. La cuisson prolongée des pommes de terre sous une haute pression, l'évacuation complète de l'eau de composition, l'observation d'une haute température de macération, ainsi qu'une saccharification prolongée dans la cuve-matière complètent les moyens préconisés pour combattre la fermentation mousseuse, qui cependant se rencontre beaucoup plus rarement en Allemagne, depuis que la préparation de moûts épais, au lieu de moûts clairs, est devenue de plus en plus fréquente.

[L'exposé qui précède s'appliquant tout spécialement à la fermentation des matières amylacées saccharifiées par le malt, nous devons le faire suivre des particularités que présente la conduite de la fermentation des moûts de grains ou de pommes de terre préparés par les acides, ainsi que celle des jus de betteraves et de topinambours et des moûts de mélasses.]

Fermentation des moûts de matières amylacées préparés par les acides.

[Les moûts saccharifiés par les acides fermentent à peu près comme ceux qui ont été obtenus avec le malt ; mais on peut se dispenser de préparer un levain ; on met simplement le moût en fermentation avec de la levure de bière liquide ou de la levure pressée délayée dans un peu de moût, d'après le procédé de fermentation continue par coupage des cuves, tel qu'il est habituellement employé pour les jus de betteraves.

On remplit au quart une des cuves de fermentation avec du moût ayant une densité de 1 040 à 1 050 et une acidité de 0,75 gr. à 1 gr. On ajoute par hectolitre 1 kg. environ de levure et l'on amène la température à 22-23°. La fermentation se déclare alors promptement avec une grande énergie. Au bout de quelques heures, alors que la fermentation est en pleine activité, on remplit la cuve avec du moût frais, et l'on porte la température à 25° environ. La fermentation continue sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de nouvelle levure, et lorsqu'elle a repris son entière activité on transporte un quart de son contenu dans la cuve suivante et on remplit les deux cuves de moût frais. Cette seconde cuve sert ensuite pour en

mettre une troisième en fermentation, et ainsi de suite, sans addition de levure nouvelle. Quand la fermentation est achevée dans les anciennes cuves, la température est à 30° environ et le moût fermenté marque 0° environ au densimètre.]

Fermentation des jus de betteraves.

[Comme le ferment qui détermine le dédoublement du sucre en alcool et acide carbonique ne peut vivre normalement et conserver son activité que dans un milieu à réaction acide, il est absolument indispensable, comme on l'a déjà dit précédemment, que les jus de betteraves destinés à la fermentation présentent un certain degré d'acidité, qui doit être en général égale à 2 gr. 40-2 gr. 50 par litre en acide sulfurique. Lors de la préparation des jus, on s'arrange de façon à ce que ceux-ci offrent un pareil degré d'acidité. Mais si celle-ci était réellement due uniquement à de l'acide sulfurique, le jus de betterave ne pourrait pas fermenter, et si cependant il fermente après l'addition d'une pareille dose d'acide sulfurique par litre, c'est parce qu'une partie de cet acide se combine avec les bases des sels à acides organiques du jus et que ceux-ci étant ainsi devenus libres remplacent l'acide sulfurique qui s'est uni à leurs bases.

Le jus de betteraves pur, c'est-à-dire non additionné d'eau, contient par litre, en moyenne, 4 à 5 gr. de sels à acides organiques, c'est-à-dire 2 à 3 gr. de ces derniers, de sorte que si à ce jus on ajoutait 2,50 gr. d'acide sulfurique par litre, celui-ci serait presque entièrement neutralisé par les bases des acides organiques et alors l'acidité serait presque complètement due à ces derniers acides. Mais comme, ainsi que nous l'avons vu, le jus est dilué de son volume d'eau ou de vinasse, la quantité d'acides organiques à déplacer se trouve par cela même réduite de moitié, ce qui fait que l'acide sulfurique ajouté reste en partie libre et constitue une partie de l'acidité, ce qui est absolument nécessaire, parce que les acides organiques seuls ne suffisent pas pour empêcher le développement des ferments étrangers.

Lorsque l'acidité organique devient trop grande, la fermentation ne peut plus continuer ; il faut alors étendre la vinasse avec de

l'eau, afin de diminuer l'acidité organique ; il serait inutile de neutraliser les acides, parce que l'acide sulfurique déplaçant les bases les mettrait de nouveau en liberté.

Avant d'envoyer le jus aux cuves de fermentation, on les fait passer des cuviers de macération ou de diffusion dans deux cuves intermédiaires, dites *cuves préparatoires*. Le jus sortant des appareils de macération ou de diffusion est reçu dans l'une des cuves ; quand elle est pleine, on l'envoie dans la seconde.

Pendant que celle-ci s'emplit, on refroidit la première et on titre l'acidité du jus qu'elle renferme, puis l'ayant amenée au degré voulu d'acidité par addition d'eau ou d'acide, on la fait ensuite couler dans les cuves de fermentation. On procède de même avec la seconde cuve préparatoire. L'acidité devra également être déterminée après la fermentation ; l'essai ne devra pas indiquer une augmentation de plus de 20 à 30 cgr. ; si ce chiffre est notablement dépassé, s'il va, par exemple, jusqu'à 50 cgr., la fermentation n'est pas bonne, il s'est formé des acides organiques ; il sera alors convenable d'augmenter un peu la dose d'acide sulfurique dans les cuves préparatoires.

Dans la fermentation des jus de betteraves, on peut se passer de levure artificielle, dont la préparation est toujours assez coûteuse ; on se sert habituellement de levure pressée du commerce, ou de levure liquide de brasserie.

Le meilleur procédé de fermentation est la *fermentation continue par coupage des cuves*, procédé qui consiste à prélever sur une cuve en pleine fermentation une partie de son contenu pour le déverser dans une autre cuve, où le moût continue de fermenter ; on les remplit ensuite toutes les deux de jus frais. Pour faciliter les transvasements, on fait communiquer les cuves entre elles au moyen d'un tuyau courant le long de ces vases et établi au quart de leur hauteur ; ce tuyau est muni pour chaque cuve d'un branchement avec robinet, de façon qu'on puisse établir la communication entre deux quelconques des vases. L'opération est conduite à peu près de la manière suivante, par exemple avec une batterie de cinq cuves de fermentation.

D'une des cuves préparatoires on fait d'abord écouler dans la première cuve du jus en quantité suffisante pour la remplir au

quart ou au tiers, puis on y ajoute de la levure délayée dans un peu d'eau, et on brasse vigoureusement et pendant un certain temps; au bout de quelques heures, le jus est en pleine fermentation. On envoie alors la moitié de ce jus préalablement bien agité dans la deuxième cuve de fermentation et on fait arriver lentement du jus frais successivement dans les deux cuves. Cela fait, on envoie la moitié du contenu de la première cuve dans la troisième et on l'emplit pour la dernière fois, afin de laisser la fermentation s'y achever. On écoule alors la moitié du contenu de la deuxième cuve dans la quatrième ; on fait de même avec la troisième cuve, dont la moitié est envoyée dans la cinquième, et ainsi de suite jusqu'à ce que la première cuve, qui a été vidée et nettoyée, rentre dans le cercle et soit coupée avec la quatrième.

Comme on le voit, la fermentation se continue sans addition de nouvelle levure, mais comme celle-ci finit peu à peu par dégénérer, ce que l'on reconnaît au ralentissement de la fermentation, à l'augmentation de l'acidité, ainsi qu'au rendement moins satisfaisant, on est obligé de la renouveler; il faut alors nettoyer les cuves avec soin et refaire un pied avec de la levure fraîche, comme au début de la campagne.

On reconnaît que la fermentation est terminée à la cessation du bouillonnement produit par le dégagement de l'acide carbonique ; en même temps la surface du moût devient unie et s'éclaircit. Si la fermentation a été normale, on ne devra trouver qu'une faible augmentation de l'acidité et la densité du liquide devra être voisine de 1010 à 1015.

On peut aussi opérer la fermentation *par levains*, comme cela se pratique dans les grandes distilleries. On fait alors dans chaque cuve un nouvel ensemencement de levure fraîche de brasserie ou de levure pressée ou, et c'est ce qu'il y a de mieux, d'un levain préparé par le distillateur lui-même dans un atelier spécial avec de la levure pure, par exemple avec de la levure de Jacquemin cultivée dans l'appareil décrit précédemment, et en employant comme liquide nutritif du jus de presse ou de diffusion stérilisé par ébullition et additionné de maltopeptone ; voy. Chap. IV, p. 274, 277 et 278].

Fermentation des jus de topinambours.

[Les jus de topinambours sont presque toujours traités d'après le procédé de fermentation continue par coupage des cuves; ils donnent ordinairement lieu à une fermentation très pure, et il n'est pas rare de voir toute une campagne s'achever sans que l'on soit obligé de renouveler la levure. La grande richesse en azote du topinambour fait que le jus de ce tubercule produit en fermentant une grande quantité de levure, qui est généralement écumée de temps en temps et donnée aux porcs, pour lesquels elle constitue une excellente nourriture. Mais comme cette grande production de levure entraîne la consommation d'une certaine quantité de sucre sans formation d'alcool, il serait préférable de l'empêcher, ce à quoi on pourrait arriver en travaillant par levains.]

Fermentation des mélasses.

[La mélasse en sortant du dénitreur (voy. p. 224) est ordinairement reçue dans des cuves préparatoires où sa dilution est achevée et sa température amenée au degré voulu pour la fermentation. En France, la mélasse est, comme nous l'avons dit précédemment (p. 222), diluée de façon que le moût obtenu marque de 8 à 10° Baumé, tandis qu'en Belgique et en Allemagne, où l'impôt est basé sur la capacité de cuve, la dilution est poussée moins loin. La température de mise en fermentation des moûts de mélasse varie de 18 à 23°, soit 18 à 20° dans la saison chaude et 21 à 23° en hiver (Maercker). La mélasse convenablement diluée et refroidie passe ensuite aux cuves de fermentation. Plusieurs procédés sont employés pour faire fermenter les mélasses. On peut opérer la fermentation *avec la levure de bière seule, avec des moûts de grains ou de betteraves, avec du levain de malt, avec des moûts de pommes de terre ou avec de la levure pure.*

Dans le *procédé avec de la levure de bière seule*, on remplit la cuve au quart avec du moût et on ajoute la levure nécessaire pour la fermentation de toute la cuve, soit 3 p. 100 du poids du sucre contenu dans le moût (1 hectolitre de moût à 8-10° Baumé correspond au maximum à 25 kg. de mélasse, contenant en moyenne

11 kg. de sucre). Quand la fermentation est en pleine activité, on remplit la cuve avec du moût à 20-22° ; à la fin de la fermentation, la température ne doit jamais dépasser 30°.

Comme la mélasse n'est pas riche en principes nutritifs, on la met quelquefois en fermentation *avec des moûts de grains ou de betteraves et de la levure ;* on fait alors fermenter une petite quantité de ces moûts avec un peu de levure et, lorsque la fermentation est bien établie, on remplit les cuves avec du moût de mélasse.

Le *procédé de fermentation avec levain de malt* est usité en Belgique et en Allemagne ; il est encore meilleur que le précédent, il introduit dans le moût une plus grande quantité d'aliments pour la levure.

Dans la *fermentation avec des moûts de pommes de terre*, il est le plus souvent inutile de neutraliser la mélasse, les moûts de pommes de terre contenant habituellement une quantité d'acide suffisante pour détruire l'alcalinité. Après avoir ajouté la levure nécessaire pour la fermentation, on vérifie l'acidité et, s'il y a lieu, on ajoute la quantité d'acide nécessaire pour qu'il y en ait environ 18 gr. par litre de moût.

Dans le *procédé de fermentation avec de la levure pure*, préparée comme il a été dit précédemment (p. 273 et suiv.), on a l'avantage de pouvoir conduire le travail d'une manière uniforme, ce qui est impossible avec un ferment de qualité essentiellement variable comme l'est la levure de bière liquide ou la levure pressée.

La fermentation des mélasses est habituellement très calme. Si on travaille avec mélange de grains ou de malt, il se produit à la surface du moût un chapeau, sous lequel la fermentation se poursuit régulièrement et tranquillement. Si le chapeau s'enfonce, c'est que la fermentation est trop lente ; il faut alors la raviver en ajoutant de la levure.

L'augmentation de la température pendant la fermentation est ordinairement de 8 à 10° environ ; elle dépasse rarement 15°. Il n'y a pas de fermentation complémentaire, puisque la substance fermentescible est exclusivement formée de sucre de canne interverti (mélange de glucose et de lévulose) ; cette fermentation, qui s'observe toujours avec les matières amylacées, est due à la transformation graduelle des dextrines en maltose.

En Belgique, où l'on opère sur des moûts très concentrés (14° B. au moins), on commence, comme cela a lieu, par exemple, dans la distillerie de Ruysbroeck mentionnée précédemment (p. 224), par mettre en fermentation un pied de cuve consistant en mélasse diluée à 15-16° B. et formant la moitié de la capacité de la cuve. Ce pied est additionné de la dose énorme de 6 kg. de levure pressée par hectolitre de capacité de cuve. L'atténuation convenable étant obtenue, on fait arriver lentement et d'une façon continue la mélasse diluée sur le pied de cuve, en réglant avec soin sa température. La température du pied est réglée ordinairement à 26°. La fermentation s'établit régulièrement, sans mousse. Suivant les indications du thermomètre, on arrose plus ou moins l'extérieur des cuves de fermentation, de façon à ne pas dépasser 28°. On arrive ainsi à obtenirdes moûts contenant 11 à 12 p. 100 d'alcool.

Comme en travaillant dans ces conditions, la levure morte forme après fermentation un dépôt considérable, on sépare cette levure au moyen d'un filtre-presse avant de distiller le moût. On obtient de cette façon un moût limpide donnant à la distillation des flegmes plus purs (le chauffage de la levure, dans les colonnes distillatoires, donnerait naissance à de mauvaises odeurs) et des résidus riches en azote (5 p. 100), ayant par conséquent comme engrais une grande valeur.

Les moûts de mélasse qui n'ont pas été soumis à l'ébullition acide donnent facilement lieu à une fermentation défectueuse, caractérisée par un dégagement de bioxyde d'azote, qui, au contact de l'air, donne des vapeurs rouges d'acide hypoazotique, et à laquelle on a donné le nom de *fermentation nitreuse*. Ce phénomène arrête ou ralentit considérablement la fermentation alcoolique, le bioxyde d'azote paralysant l'action de la levure. Le dégagement de vapeurs d'acide hypoazotique peut être aussi dû à une fermentation butyrique, par laquelle du sucre est décomposé en acide butyrique, hydrogène et acide carbonique ($C^6H^{12}O^6 = C^4H^8O^2 + 4H + 2CO^2$); l'hydrogène à l'état naissant résultant de cette décomposition réduit alors en bioxyde d'azote les acides azotique et azoteux des azotates et des azotites contenus dans le moût. La fermentation nitreuse ne serait donc pas une fermentation particulière, mais seulement le résultat de la fermentation butyrique. Comme maintenant cette

dernière est toujours due à un manque de propreté, il suffira par conséquent, pour empêcher cette fermentation vicieuse de se produire, de veiller avec le plus grand soin au nettoyage des cuves de fermentation ; on a aussi indiqué contre la fermentation nitreuse l'addition d'une petite quantité d'acide sulfurique, qui agit alors indirectement en arrêtant la fermentation butyrique.

La présence dans les mélasses d'acides gras volatils, tels que les acides formique et butyrique, peut aussi être la cause de perturbations dans la fermentation des moûts de mélasse, parce que ces acides ralentissent ou détruisent l'activité de la levure.

Dans ce cas, il suffit, pour rendre la fermentation normale, d'ajouter un excès d'acide et de neutraliser l'excès avec de la craie. D'ailleurs, si l'on a pris la précaution de soumettre préalablement la mélasse à l'ébullition avec de l'acide sulfurique, la présence des acides gras volatils n'est pas à redouter.

Enfin, il arrive aussi quelquefois que la fermentation est troublée parce que la mélasse a subi un certain degré de caramélisation ; dans ce cas, le rendement alcoolique est diminué, non seulement par suite de l'altération d'une certaine quantité de sucre, mais encore par la fermentation incomplète du sucre non altéré, due à la présence de produits empyreumatiques.

Pour obtenir une bonne fermentation avec la mélasse ainsi altérée, le meilleur moyen consiste à diluer aussi fortement que possible le moût avec un moût préparé avec une mélasse saine.]

IV. — La salle de fermentation et les cuves de fermentation.

Les cuves de fermentation se trouvent dans un local particulier, la *salle de fermentation* ou *cuverie*. Ce local doit en général être construit dans les mêmes conditions que l'atelier des levains. En tout cas, la salle de fermentation doit présenter une température aussi constante que possible et on doit pouvoir la tenir facilement propre et la nettoyer complètement. Avec des murs épais et des fenêtres fermant bien, le local doit être suffisamment clair et permettre l'écoulement facile de l'eau. Les caves à fermentation sou-

terraines, sombres, telles qu'on les établissait souvent autrefois, doivent être évitées. La grandeur et la hauteur de la salle de fermentation, ainsi que le nombre des fenêtres doivent être choisis de façon qu'en hiver le local ne soit pas trop froid, parce qu'autrement la conduite de la fermentation des moûts présenterait de grandes difficultés.

Il est convenable que la salle de fermentation soit voûtée. Il est absolument nécessaire que le sol soit recouvert de dalles de pierres, de carreaux en terre cuite, de ciment ou d'asphalte et qu'on puisse le laver à grande eau. Il offre ordinairement une double pente aboutissant dans son milieu, où se trouve une rigole pour l'entraînement de l'eau.

Afin de pouvoir établir les cuves au-dessus du sol, on construit en l'adossant aux murs du local, une banquette en maçonnerie recouverte de dalles de pierre ou de ciment. Cependant il est plus pratique de construire pour chaque cuve un socle en briques et de l'enduire de ciment. Ce socle doit s'adapter à la forme des cuves de fermentation et il se compose, par exemple, avec des cuves rondes, d'un massif circulaire, dont le rayon est un peu plus petit que celui de la cuve de fermentation. Celle-ci repose alors sur le socle, non pas par le jable, mais seulement par son fond. Le socle est alors muni d'entailles pour l'écoulement de l'eau de lavage et l'adaptation du tuyau de vidange pour le moût.

Lorsque les cuves sont établies librement sur des tiges de fer reposant sur une maçonnerie, il est nécessaire que leur fond soit aussi soutenu.

On reconnaît que la salle de fermentation est dans de bonnes conditions à l'odeur qui se fait sentir dès que l'on y pénètre. Le local doit avoir une odeur agréable, fraîche. Si du moût qui s'est déversé des cuves ou que l'on a laissé tomber reste sur le sol, il donne naissance à de l'acide acétique, et il se répand alors dans le local une forte odeur de cet acide. L'addition de chaux à l'eau avec laquelle on nettoie les salles de fermentation doit être fortement recommandée. La ventilation de la cuverie est une question très importante, car il ne doit se produire ni grandes différences locales de température, ni courants d'air. L'expérience a montré que les cuves qui sont exposées à de pareilles éventualités fermentent mal.

L'aération étant défectueuse, l'air humide immobile favorise le développement des mucédinées et des organismes nuisibles à la fermentation ; d'un autre côté, dans certaines circonstances, il peut s'accumuler de l'acide carbonique en quantités telles qu'elles soient non seulement gênantes, mais encore dangereuses. C'est pour cela que, lorsqu'on entre dans une salle de fermentation pendant la nuit, il ne faut pas manquer de prendre des précautions.

Les salles de fermentation sont presque généralement construites en briques avec enduit de mortier, mais ce mode de construction est tout ce qu'on peut imaginer de moins convenable ; il faudrait par-dessus ce mortier un enduit lisse de ciment jusqu'à une hauteur de 1 mètre environ au-dessus du bord des cuves de fermentation. Une couche de peinture à l'huile ou à la résine, ou de goudron de houille, ce qui est encore moins cher, suffit aussi pour permettre de laver, de brosser et d'arroser les murs. En ce qui concerne le blanchiment de la salle de fermentation, on ne peut que prévenir que le plus souvent, comme pour l'atelier des levains, c'est une opération qui produit le contraire de ce que l'on en a vue.

Dans la plupart des distilleries, on emploie des cuves de fermentation en bois (de chêne ou de sapin), rondes et un peu rétrécies inférieurement, afin de pouvoir les munir de cercles en fer; on leur donne généralement une hauteur égale à leur diamètre, ou un peu moindre, et on préfère la forme ovale à la forme circulaire à cause de l'économie d'espace qu'elle procure ; les cuves rondes sont mieux protégées contre le refroidissement

Les cuves en bois ont, à cause de la porosité de ce dernier, l'inconvénient d'absorber par leur surface interne un peu de moût, qui après la vidange de la cuve devient acide et exerce une action fâcheuse sur la cuvée suivante. On évitera qu'il en soit ainsi, en nettoyant, après chaque fermentation, la paroi de la cuve avec de l'eau et une brosse, ainsi qu'en l'enduisant avec un lait de chaux et la lavant de nouveau au bout de quelque temps. Si cela est fait scrupuleusement et sans retard, on peut éviter assez complètement les inconvénients résultant de l'absorption du moût par le bois de la cuve.

En enduisant les cuves de fermentation avec une solution étendue de bisulfite de chaux, on obtient aussi de bons résultats et cette pratique mérite surtout d'être recommandée lorsque dans le

moût en fermentation il s'est produit une forte acidification. Avant le remplissage avec du moût frais, la cuve doit être aussi lavée avec de l'eau, ce qui doit être aussi conseillé lorsqu'elle a été nettoyée par badigeonnage avec de la chaux. Si, avant de les remplir, on ne débarrasse pas les cuves de la couche de chaux, comme cela a lieu dans nombre de distilleries, on court le danger de voir le moût devenir alcalin par un excès de chaux ; il peut aussi arriver que le moût voisin des parois de la cuve soit neutralisé, ce qui peut favoriser le développement des bactéries.

Mais, fréquemment, le lait de chaux employé, par suite de sa conservation durant des semaines dans l'air de la salle de fermentation riche en acide carbonique, étant déjà en grande partie transformé en carbonate calcaire, l'effet attendu sur la cuve et la pureté de la fermentation font complètement défaut.

Un badigeonnage avec de l'acide chlorhydrique et un lavage subséquent avec de l'eau ne sont généralement pratiqués que lorsque le nettoyage a laissé beaucoup à désirer pendant longtemps.

Il ne faut pas négliger de soumettre de temps en temps à un examen attentif le fond et les parois des cuves de fermentation, afin de s'assurer si par hasard le bois n'est pas pourri en quelque point et de supprimer les parties endommagées en mettant de nouvelles douves, parce que ces parties sont le point d'origine de l'acidification et de l'infection par les bactéries. Si l'on veut savoir si le bord des cuves renferme des acides, on applique sur les douves un papier de tournesol neutre humecté avec de l'eau. En présence d'acide, le papier se colore en rouge. Les acides se rencontrent surtout dans les joints des douves. Du reste il faut avoir soin de se servir d'un papier de tournesol suffisamment sensible ; on trouve fréquemment entre les mains des distillateurs du papier de tournesol très vieux et d'une qualité tout à fait douteuse.

Il sera question dans un des chapitres suivants de l'emploi de l'acide fluorhydrique pour le nettoyage et la désinfection des cuves. Je veux seulement faire encore remarquer ici que l'usage d'un mélange de bisulfite de chaux et de lait de chaux que l'on fait çà et là, soit disant pour obtenir une désinfection plus énergique, est tout simplement une absurdité, parce que l'action antiseptique du bisulfite de chaux est ainsi totalement annihilée.

La grandeur des cuves de fermentation dépend, on le comprend, tout d'abord de l'importance de l'usine. Le moût à préparer en un jour et par conséquent aussi à distiller en un jour doit remplir complètement une cuve ou plusieurs cuves s'il s'agit d'une grande distillerie. Comme les petites cuves ont une surface proportionnellement plus grande que les grandes cuves, parce que la capacité d'un vase croît dans une proportion plus grande que sa surface, le moût est dans de petites cuves plus exposé à l'influence de la température du milieu ambiant que dans de grandes cuves. Mais la température de la salle de fermentation est toujours plus basse que celle du moût en fermentation; dans de petites cuves, le moût se refroidit plus fortement que dans des grandes, et dans celles-là l'élévation de température du moût résultant du dégagement de chaleur pendant la fermentation est plus faible que dans celles-ci.

On voit, d'après cela que le choix de la température de la mise en fermentation et de celle du local où celle-ci a lieu doit être basé sur la grandeur des cuves. Si celles-ci sont petites, le moût doit être mis en fermentation plus chaud et le local doit être également maintenu plus chaud ; sans cela, la fermentation ne débute pas vigoureusement et le moût ne se maintient pas à la température nécessaire pour que la fermentation marche régulièrement.

A l'aide d'une ouverture pratiquée dans le fond de la cuve de fermentation, ce vase est mis en communication avec la conduite en cuivre par laquelle est évacué le moût fermenté. Dans la plupart des distilleries, cette ouverture est fermée à l'aide d'un tampon en bois.

Lorsque ces tampons n'ont que la moitié environ de la hauteur de la cuve de fermentation, ils ne sont pas un obstacle à l'installation et au fonctionnement des réfrigérants mobiles, mais il est très difficile, la cuve étant pleine, de les remettre en place lorsqu'ils viennent à se déranger ou à sortir tout à fait de l'ouverture qu'ils bouchaient. Cela arrive avec des tampons ayant la moitié de la hauteur de la cuve aussi facilement qu'avec ceux qui dépassent le niveau du mout, qui sont par conséquent plus longs que la hauteur de la cuve, lesquels, à défaut de précautions, sont surtout exposés aux chocs de la pompe à moût, qui ébranlent et soulèvent les tampons. Il arrive alors que parfois on envoie dans l'appareil distilla-

toire une certaine quantité de moût qui n'est qu'à demi fermenté.

Pour éviter de pareilles pertes, ainsi que des désagréments dans le contrôle de la distillerie, on munit ses cuves de fermentation d'une fermeture à vis ou de soupapes spéciales.

Les vis de laiton sont placées dans la cuve peu de temps avant

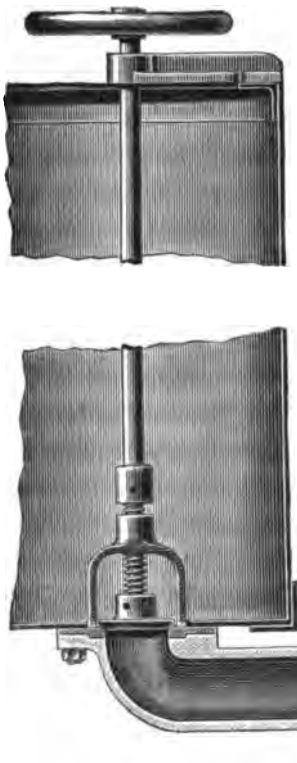


Fig. 90. — Soupape pour cuve de fermentation en fer.

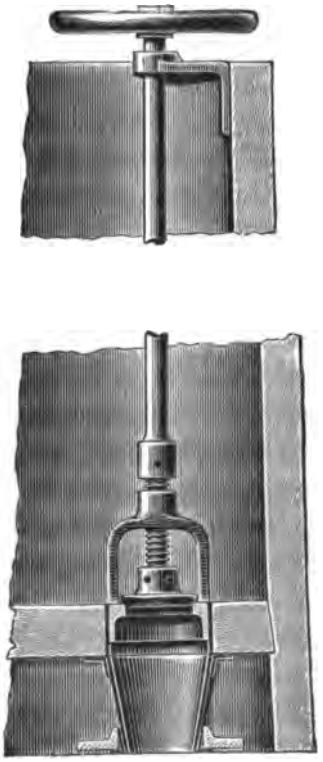


Fig. 91. — Soupape pour cuve de fermentation en bois.

son remplissage et pendant toute la durée de la fermentation elles sont à l'abri de tout dérangement accidentel ou malveillant. A l'aide d'une longue tige de fer convenablement recourbée à son extrémité, les vis sont tournées et enlevées, lorsque la cuve doit être vidée.

Des soupapes pour cuves de fermentation, comme celles qui sont construites par Leinhaas, de Freiberg, sont représentées par les figures 90 et 91. L'une est adaptée dans une cuve en fer,

l'autre dans une cuve en bois ; dans les deux cas, elles sont manœuvrées à l'aide d'une roue à main. Ce dispositif semble le plus pratique, lorsqu'on ne se sert pas de réfrigérants mobiles.

L'adaptation, indépendamment de la soupape à moût, d'une soupape particulière pour le nettoyage, n'est à recommander que lorsqu'on se met à l'abri de tous les accidents auxquels elle peut donner lieu.

CHAPITRE VI

PURETÉ DE LA FERMENTATION. EMPLOI DES ANTISEPTIQUES CALCUL DU RENDEMENT. ALCOOMÉTRIE

I. — Pureté de la fermentation. Antiseptiques.

Dans tous les chapitres de cet ouvrage, j'ai assez fréquemment attiré l'attention sur les dangers d'*infection* qui sont à redouter dans l'industrie de la distillation, lesquels peuvent être la cause de processus nuisibles à la *pureté de la fermentation* en donnant lieu à l'apparition de *fermentations secondaires avec leurs produits*, ayant elles-mêmes pour conséquence une *réduction du rendement en alcool.*

Relativement à l'*eau*, du moins celle qui, en distillerie, est mise en contact direct avec les matières servant à la préparation des moûts, nous avons fait remarquer combien il est important, non seulement d'en faire l'analyse chimique, mais encore et surtout de la soumettre à l'examen bactériologique, car une eau riche en produits de putréfaction et de décomposition et en *bactéries* met en question la pureté de la fermentation.

Dans le chapitre concernant la *préparation du malt*, j'ai recommandé à tous les distillateurs de faire subir à l'orge, au lieu du simple mouillage usité jusqu'ici, un *lavage* et un *mouillage*, afin d'éliminer les microorganismes contenus dans la poussière et au besoin de les rendre inoffensifs par l'emploi de désinfectants, tels que le bisulfite de chaux ou la chaux caustique ordinaire.

Éviter avec le plus grand soin les *points morts lors de la préparation de la levure artificielle*, chauffer à 81°,25 le moût-levain acidifié, employer pour la mise en fermentation de la levure de culture pure, exempte de bactéries, éviter complètement l'usage du bac à levure-mère, telles sont les autres précautions importantes à

prendre pour empêcher l'accès dans la levure artificielle et dans le moût de bactéries nuisibles, pouvant faire concurrence à la levure.

Lors de la *fermentation des moûts*, on maintiendra intacte l'activité fermentative de la levure en éliminant avec soin l'acide carbonique formé, se rappelant cet axiome qu'une levure fermentant vivement constitue le meilleur désinfectant pour les moûts, qu'elle exclut l'apparition et un développement ultérieur de bactéries nuisibles à la fermentation.

A quoi reconnaît-on l'impureté de la fermentation ? Une réponse à cette question est nécessaire pour ceux des lecteurs dont les connaissances pratiques en distillerie ne sont encore que peu étendues et auxquels manque encore le coup d'œil pratique.

Le meilleur moyen pour reconnaître le degré de pureté avec lequel la fermentation suit son cours nous est offert par la *détermination répétée de la teneur en acide des moûts pendant le temps que dure la fermentation* (voy. Chap. XI). A l'aide d'un titrage, on détermine d'abord la teneur en acide du moût sucré mis en fermentation ; cette teneur oscille, en général, pour les moûts de maïs entre 0°,3 et 0°,5, tandis qu'avec les moûts de pommes de terre, elle peut, suivant la qualité de celles-ci, varier de 0°,3 à 0°,6, et au delà. Avec cette *acidité initiale*, on compare l'*acidité finale*, c'est-à-dire le degré d'acidité que le moût *fermenté* donne à l'analyse. Plus l'accroissement de l'acidité a été faible pendant la fermentation, plus a été grande la pureté de celle-ci, moins il s'est formé de produits de fermentations secondaires de nature acide (acides lactique et acétique), et plus il s'est produit d'alcool. Nous laisserons passer un accroissement de 0°,2 d'acidité durant la fermentation, car nous ne pouvons pas supprimer, d'une manière complète, les fermentations secondaires. Au contraire, nous n'accepterons pas tous les moûts fermentés préparés avec des matières saines, qui donnent à l'acidimètre 0°,8 et au-dessus, et nous rechercherons dans quelle période de la fermentation s'est produit l'accroissement de l'acidité. Dans la majorité des cas, on constatera que la teneur en acide a surtout augmenté dans les dernières vingt-quatre ou trente heures de la fermentation, que par conséquent les fermentations secondaires coïncident avec la fermenta-

tion complémentaire des moûts. Cela est, du reste, facile à comprendre, car la fermentation préliminaire avec ses basses températures, la fermentation principale avec sa levure en pleine activité ne laissent pas se produire de fermentations secondaires. Si, au contraire, l'action complémentaire de la diastase pendant la troisième période de la fermentation et avec elle la fermentation des dextrines sont, par une influence nuisible quelconque, mises en question ou supprimées, les fermentations secondaires s'établissent à mesure que l'activité des cellules de levure diminue.

Plus la teneur en acide d'un moût augmente pendant la fermentation complémentaire, plus laissent à désirer le degré de la fermentation et le rendement en alcool, plus aussi est impure, désagréable, âcre, la saveur du moût fermenté. Dans les inspections de la distillerie, il ne faut jamais négliger de déposer sur sa langue une goutte du moût en fermentation complémentaire. Avec un peu d'habitude, la dégustation fournit, relativement au degré de pureté de la fermentation, des indications qu'il ne faut pas dédaigner. L'examen microscopique permettra également de reconnaître l'état des cellules de levure et le degré d'infection du moût par des bactéries nuisibles à la fermentation.

Du reste, il ne faut pas une bien grande expérience pour pouvoir, par le simple examen attentif de la surface du moût, se faire une opinion satisfaisante sur la pureté de la fermentation. Si le moût en fermentation complémentaire se colore à sa surface en brun foncé sale, au lieu de devenir clair, et s'il prend un aspect marbré, de façon que dans les points peu nombreux où s'échappe l'acide carbonique, la couleur plus claire des couches de moût plus profondes devienne visible, le praticien exercé n'a besoin d'aucun autre indice pour se rendre compte de l'état des choses.

Aux différentes précautions indiquées au commencement de ce chapitre pour se mettre à l'abri, dans chaque phase du travail, des fermentations secondaires nuisibles, se rattache encore un autre moyen excellent : *l'emploi des matières antiseptiques.*

Acide fluorhydrique. — Parmi les nombreux antiseptiques qui ont été recommandés et essayés dans la pratique, et dont l'efficacité a été reconnue, aucun n'a acquis une aussi grande importance

que l'*acide fluorhydrique* ou les *sels* de cet acide. L'emploi de l'acide fluorhydrique et des fluorures a fait l'objet d'un brevet, et nous sommes d'autant plus autorisé à nous occuper de ce procédé et des avantages qu'il présente que l'association bavaroise des producteurs d'alcool et d'eau-de-vie a acquis ce brevet pour toute la Bavière et que, depuis lors, la plus grande partie et aussi la plus importante des distilleries bavaroises ont travaillé d'après ce procédé, qui est aussi appelé, du nom de son inventeur, procédé Effront.

L'emploi de l'acide fluorhydrique ou de ses sels en distillerie a pour but :

1° *D'anéantir les organismes producteurs d'acides et par suite ennemis de la fermentation.* De faibles doses d'acide fluorhydrique suffisent pour empêcher le développement des bactéries sphériques et mettre obstacle au développement des acides butyrique, lactique et acétique ;

2° *De renforcer et de conserver l'énergie diastasique du malt ;*

3° *D'agir sur la levure.* Anéantissement des cellules de levure faibles, malades, sans résistance, en faveur de celles qui non seulement ne sont pas attaquées par l'acide fluorhydrique, mais encore sont secondées dans leur activité fermentative.

L'emploi de l'acide fluorhydrique dans la distillerie est basé sur les faits suivants :

a. Employé, même à faibles doses, l'acide fluorhydrique réprime l'acidification dans les moûts en fermentation.

Une dose de 10 gr. par hectolitre de l'acide du commerce (à 30 p. 100) suffit pour empêcher complètement la formation d'acide butyrique.

b. A la température de fermentation de 30°, l'acide fluorhydrique exercerait une action éminemment conservatrice sur l'énergie diastasique du malt, de telle sorte qu'au bout de sept jours, avec une dose convenable de l'acide en question, il existerait encore 80 p. 100 de cette énergie, qui, sans l'addition de cet acide, aurait rétrogradé dans le même temps à 12 p. 100.

D'autres acides minéraux, comme les acides sulfurique et chlorhydrique, n'exercèrent pas sur la diastase la même action conservatrice. Au bout de cinq jours, la diastase mélangée avec ces acides était complètement anéantie.

c. De plus grandes quantités d'acide fluorhydrique — 25 gr. par hectolitre, — furent tout à fait nuisibles à l'action de la diastase à la température de 30°, et à 55°, des doses de 6 à 7 gr. seulement par hectolitre exercèrent une action défavorable. De faibles doses d'acide fluorhydrique (6 à 7 gr.) favorisèrent un peu à 30° l'action de la diastase, comme cela a aussi lieu à cette température avec d'autres acides minéraux.

Des notions qui précèdent, on peut déduire pour la pratique de la fabrication de l'alcool les axiomes suivants :

1° L'acide fluorhydrique, en sa qualité d'agent d'une efficacité infaillible contre le développement des microorganismes et la multiplication des champignons producteurs d'acides, devra être employé en distillerie, et il l'est effectivement, pour le nettoyage dans les différentes phases du travail. Ainsi, par exemple, les *cuves de fermentation* sont lavées avec de l'acide fluorhydrique convenablement étendu, et l'enduit de chaux et les désinfectants, comme le bisulfite de chaux, autrefois employés au même usage, sont ainsi rendus inutiles.

Mais il faut s'abstenir d'enduire après leur vidange les *vases à levure* avec de l'acide fluorhydrique dilué, tant que l'on veut qu'il se forme de l'acide lactique dans le moût-levain.

C'est tout au plus si l'on peut laver intérieurement les vases à levure une fois tous les huit ou dix jours avec de l'acide fluorhydrique *très étendu* ou mieux avec une solution exactement neutralisée d'un sel alcalin de l'acide fluorhydrique et ensuite les enduire de chaux, comme on avait coutume de le faire autrefois.

Il sera question ultérieurement de l'emploi du fluorure d'aluminium dans la préparation de la levure artificielle.

Le lavage de l'aire du *germoir* avec de l'acide fluorhydrique *étendu* après l'enlèvement des tas de malt doit être fortement recommandé, afin de rendre inoffensives les nombreuses bactéries qui se trouvent dans les matières muqueuses restant sur le sol.

2° Une addition d'acide fluorhydrique à l'eau destinée au mouillage du grain à malter a été aussi recommandée et appliquée différemment, afin de détruire ou au moins de paralyser les microorganismes extraordinairement nombreux qui adhèrent toujours aux céréales. L'auteur, se basant sur sa longue expérience, préfère

cependant recommander, à la place de l'acide fluorhydrique ou des fluorures, le bisulfite de chaux, désinfectant qui, même à doses élevées, nuit beaucoup moins au pouvoir germinatif que l'acide fluorhydrique, et qui avec cela constitue un antiseptique énergique.

Voilà jusqu'où s'étend l'action extérieure de l'acide fluorhydrique. On obtient cependant, par l'emploi suivant, une action plus durable et plus profonde.

3° Si le seul nettoyage des cuves de fermentation avec de l'acide fluorhydrique a déjà eu pour conséquence dans nombre de cas une amélioration du rendement, la pureté de la fermentation peut encore être beaucoup accrue par une addition d'acide fluorhydrique au moût sucré lui-même. Nous allons indiquer, dans ce qui suit le dosage à observer, le moment le plus convenable pour l'addition de l'acide, ainsi que les autres précautions à prendre en pareil cas.

En général, l'emploi de l'acide fluorhydrique ne convient pas pendant le démêlage et la saccharification, parce que, comme on l'a déjà fait remarquer, à une haute température, des doses d'acide fluorhydrique même peu élevées sont dangereuses pour la diastase; si cependant une désinfection est absolument nécessaire dans cette phase du travail, on atténuera le danger que la diastase pourrait encourir en employant du fluorure d'ammonium, du fluorure d'aluminium, ou de l'acide fluorhydrique exactement neutralisé. Cependant, il convient pendant la préparation du moût de ne pas employer plus de 3 grammes de fluorure d'ammonium par 1.000 litres de moût.

L'emploi de l'acide fluorhydrique dans cette phase du travail permet de choisir la température de saccharification plus basse que sans cela et, en outre, de diminuer la quantité du malt.

L'addition de l'acide fluorhydrique au moût sucré déjà refroidi et mis en levain, ou seulement en voie de refroidissement, suivant le dispositif existant dans la distillerie, est beaucoup moins dangereuse et est pour cela presque généralement usitée. Dans les usines où le moût est refroidi par de l'eau, dans une cuve-matière, il est avantageux d'ajouter l'acide fluorhydrique dans celles-ci, et cela à la température de 27°,50 à 30° environ; si ensuite, à l'aide de l'agitateur, on a mélangé intimement l'agent antiseptique avec

le moût, l'addition du ferment pourra être effectuée sans danger pour ce dernier. Lorsqu'on se sert de bacs refroidissoirs, il est également convenable d'ajouter d'abord l'acide fluorhydrique et ensuite la levure, mais seulement après avoir soumis la masse à un brassage énergique, de façon à bien mélanger l'acide avec le moût.

Si lorsqu'on se sert d'un réfrigérant tubulaire, l'acide fluorhydrique ne peut être ajouté au moût que dans la cuve de fermentation, il ne faut pas manquer de mélanger bien intimement le moût et l'antiseptique avant l'addition de la levure. La négligence de ces précautions a eu, dans nombre de cas, des répercussions fâcheuses.

A la question du dosage de l'acide fluorhydrique, en vue de son emploi dans les différentes phases de la fabrication de l'alcool, on ne peut pas et on ne doit pas répondre ici d'une manière absolument complète, et cela surtout par la raison qu'il ne saurait exister pour l'emploi du procédé Effront absolument aucune recette, En présence de la grande diversité de l'infection au point de vue qualitatif et quantitatif, on doit rechercher dans chaque cas particulier à quel moment et à quelle dose l'addition de l'agent antiseptique doit avoir lieu. C'est pour cela que je ne conseillerai jamais à personne d'employer l'acide fluorhydrique en distillerie sans une connaissance exacte de cet acide et sans un guide expérimenté, et cela en faisant abstraction complète des propriétés extrêmement toxiques de l'acide concentré à 55 p. 100 environ, tel qu'il est livré aux distilleries par les fabriques de produits chimiques, et *toujours* dans des bouteilles en plomb ou en gutta-percha. Toutes autres matières usuelles sont rapidement attaquées par l'acide fluorhydrique concentré.

De nombreuses usines ne bénéficient pas complètement et pleinement de l'effet utile résultant de l'emploi de l'acide fluorhydrique, parce que le distillateur ne sait pas se rendre compte de la phase du travail où il doit se servir de l'antiseptique et adapter exactement la dose de ce dernier à chaque cas particulier. Ainsi, par exemple, les moûts clairs supportent et exigent des quantités plus grandes d'acide fluorhydrique que des moûts épais. Ce serait également une faute d'ajouter de fortes doses d'acide fluorhydrique à

des moûts sucrés ayant déjà par eux-mêmes un degré élevé d'acidité. Si cependant cela a lieu, on a alors généralement une fermentation mauvaise.

4° L'emploi de l'acide fluorhydrique est surtout indiqué dès que la distillerie travaille des matières plus ou moins altérées, par exemple du maïs avarié, des pommes de terre pourries, des céréales ayant l'odeur de renfermé, du malt moisi, etc. L'auteur peut citer de nombreux cas empruntés à sa pratique dans lesquels des pommes de terre complètement pourries ont été cuites et saccharifiées. L'emploi d'acide fluorhydrique a empêché de se produire les perturbations dans le travail, autrement inévitables dans ces conditions, et les vinasses obtenues, employées comme aliment pour le bétail, ne donnèrent lieu à aucune suite fâcheuse. En un mot, l'acide fluorhydrique permet d'employer et d'utiliser avantageusement des matières de peu de valeur, qui sans cela seraient même quelquefois tout à fait inserviables.

Comme le procédé d'Effront peut obvier jusqu'à un certain degré aux suites fâcheuses des différentes éventualités inhérentes à l'industrie de la distillation avec des conditions variables et la matière première de nature assez changeante, les perturbations dans le travail sont réduites par l'emploi de ce procédé, et les oscillations dans le rendement en alcool deviennent moins importantes ; en d'autres termes, l'acide fluorhydrique devient le régulateur de l'industrie de la distillation, dont la stabilité est assurée.

5° Les propriétés antiseptiques de l'acide fluorhydrique ne sont nullement épuisées une fois le processus de la fermentation accompli; non, elles se font aussi sentir sur la vinasse. Celle-ci peut être conservée pendant plusieurs jours, même à une haute température, *sans qu'elle devienne plus acide*. La vinasse a ainsi acquis la propriété de se conserver, ce qui est très important pour un grand nombre de distilleries agricoles. Ensuite, il n'est pas douteux que la vinasse d'un moût fermenté avec de l'acide fluorhydrique a, sous le rapport hygiénique, des avantages pour la nourriture du bétail. Sans vouloir voir dans l'acide fluorhydrique un moyen prophylactique absolument certain contre les malandres des vinasses, maladie qui atteint si facilement les animaux nourris avec ce résidu, l'auteur doit constater que, d'après ce qu'il a

observé durant sa longue pratique, dans de nombreuses étables où la maladie en question faisait autrefois, en hôte redouté, tous les ans son apparition, elle disparut soudain avec l'emploi de l'acide fluorhydrique.

Nous devons surtout faire remarquer ici que la vinasse d'un moût additionné d'acide fluorhydrique, donnée à des vaches, n'exerce aucune influence sur le lait. Disons aussi que l'on avait pensé que l'acide fluorhydrique ajouté au moût pourrait attaquer fortement le métal des cuves-matière, des appareils distillatoires, des conduites, etc., mais que l'expérience de plusieurs années a montré que cette crainte n'était nullement justifiée.

On pourrait objecter, relativement au procédé d'Effront qui vient d'être décrit, que l'acide fluorhydrique est bien employé extérieurement comme agent de nettoyage, ainsi qu'en mélange avec le moût, mais que la levure artificielle n'étant pas désinfectée est toujours en état de devenir dangereuse pour la pureté de la fermentation. Le nouveau procédé d'Effront a remédié à cet inconvénient par une accoutumance graduelle des cellules de levure à l'acide fluorhydrique. La préparation de la *levure à l'acide fluorhydrique*, ainsi rendue possible et déjà adoptée par un grand nombre de distilleries, supprime complètement la phase de formation de l'acide lactique, la préparation de la levure ne dure plus en tout que vingt-quatre heures, au lieu de deux jours comme dans le procédé à l'acide lactique, elle permet une économie de malt, et rend par conséquent le travail beaucoup plus simple, comme on peut en juger d'après la courte description suivante :

Lorsque le moût-levain est préparé et refroidi à 30°, on en remplit les vases à levure, on ajoute la quantité convenable d'acide fluorhydrique étendu d'eau, on brasse et on met immédiatement en fermentation avec de la levure mère, et assez chaud (23°,75-25°,7) pour que la fermentation s'établisse aussitôt et que dans l'espace de vingt à vingt-deux heures environ la levure soit fermentée, de 22-24° saccharométriques, à 3-6° environ. Une élévation de température au-dessus de 28°,75 doit être évitée, en ayant recours, si c'est nécessaire, à un réfrigérant.

On prélève comme levure mère un cinquième environ de la levure totale. Le moût mis en fermentation avec cette levure à

l'acide fluorhydrique est introduit avec une température de 23°,75 environ dans la cuve de fermentation et il doit s'échauffer jusqu'à 27°,50-28°,75, mais pas au-dessus.

Pour commencer ce travail, on peut se procurer de la levure déjà habituée à l'acide fluorhydrique et desséchée avec les drèches et la cultiver dans la distillerie, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la quantité de levure nécessaire pour la mise en fermentation d'un vase à levure.

Dans le Chapitre XI se trouvent des analyses de moûts de maïs fermentés avec de la levure à l'acide fluorhydrique, qui représentent des résultats numériques extrêmement favorables. En ce qui concerne l'emploi de la levure à l'acide fluorhydrique pour la fermentation des moûts de pommes de terre avec leurs degrés d'acidité variables, la question n'est pas encore complètement élucidée.

Si simples que soient la préparation de la levure à l'acide fluorhydrique et ensuite son emploi pour la fermentation des moûts, cette innovation ne pourra cependant donner de bons résultats qu'entre les mains d'un distillateur ponctuel et scrupuleux. Le maniement de l'acide fluorhydrique concentré, l'addition de l'acide étendu à la levure dans les différentes proportions (20 à 30 gr. d'acide fluorhydrique pur par litre de moût-levain, le moût contrairement aux indications d'Effront, n'a pas ordinairement besoin d'une addition d'acide), la conduite de la fermentation de la levure et du moût, qui doit avoir lieu dans des limites très étroites de température, tout cela réclame bien de l'attention et des soins de la part du distillateur. Mais lorsqu'on peut répondre à toutes les exigences du procédé, on apprend bien vite à en apprécier hautement la simplicité et la modicité de prix.

Fluorure d'aluminium. — Dans ces derniers temps, on a proposé pour remplacer l'acide fluorhydrique le *fluorure d'aluminium.*

Ce sel acide a, sur l'acide fluorhydrique, l'immense avantage de pouvoir être emballé dans des boîtes en carton ou en fer-blanc et être ainsi expédié par la poste; en outre, son maniement n'est pas désagréable, ce qu'on ne peut pas dire de l'acide fluorhydrique vénéneux.

Le fluorure d'aluminium est très difficilement, mais complètement soluble dans l'eau froide. Le mieux est de dissoudre dans 40 parties environ d'eau bouillante une partie du sel pulvérisé aussi finement que possible. Si l'on essaie de préparer des solutions plus concentrées, la dissolution est incomplète.

D'après mes nombreuses expériences, le fluorure d'aluminium semble appelé à jouer un grand rôle dans la préparation de la levure artificielle. Il est tout à fait à désirer que d'autres expériences pratiques soient effectuées avec cette préparation. Le sel en question est bien loin d'avoir sur la levure et la fermentation une action aussi énergique que l'acide fluorhydrique ; en effet, des doses de 60 à 100 gr. de fluorure d'aluminium pour 100 litres de moût, en employant de la levure non acclimatée, n'abrégèrent que très peu la fermentation, mais donnèrent cependant des résultats extraordinairement bons relativement à la teneur en alcool et à la répression de l'acidité.

Bisulfite de chaux. — Nous avons déjà dans cet ouvrage appelé l'attention à plusieurs reprises sur le *bisulfite de chaux*, qui constitue un bon agent de désinfection, d'un prix peu élevé.

Le bisulfite de chaux est tout à fait convenable pour le lavage des cuves de fermentation, des vases à levure, des bacs à vinasse, pour la désinfection des cuves de mouillage en bois, des germoirs, et après l'acide fluorhydrique il est, sans contredit, l'agent de désinfection le plus apprécié et le plus répandu. Pour mélanger avec l'eau destinée au mouillage des céréales, le bisulfite de chaux mérite même la préférence sur l'acide fluorhydrique ou les fluorures.

L'addition au moût lui-même de cet antiseptique doit cependant être faite avec précaution, surtout quand on travaille pour alcool destiné à être bu, parce que, lorsqu'on distille le moût fermenté, il arrive souvent que l'alcool obtenu, ainsi que la vinasse offrent une odeur extrêmement désagréable.

Antinonnine. — Ce produit, préparé par la fabrique de couleurs Fr. Bayer et C^ie^, d'Elberfield, était employé primitivement pour la destruction des insectes nuisibles. Chimiquement, c'est le sel

potassique du dinitroorthocrésol, que l'on rencontre dans le commerce sous forme d'une pâte rouge orangé soluble dans l'eau.

L'antinonnine n'est pas seulement employée comme insecticide, elle constitue aussi un excellent agent pour la conservation du bois, pour dessécher les murs humides, pour désodoriser les eaux résiduelles, pour empêcher le développement des champignons et des moisissures dans les cuves, sur les ouvrages en bois et en maçonnerie; elle a été aussi recommandée pour la destruction du champignon des murailles, ainsi que pour empêcher son développement.

Son action est basée sur la propriété qu'elle possède, même à faible dose, d'anéantir les organismes animaux et végétaux inférieurs.

Des solutions d'antinonnine à 0,2-5 p. 100 sont employées pour enduire et imprégner les bois.

L'addition d'antinonnine à la levure et au moût dans la pratique de la distillerie n'a pas encore jusqu'à présent été essayée ; c'est cependant ce que l'on devrait faire en prenant les plus grandes précautions, à cause de la toxicité extraordinaire de cet antiseptique. Pour l'usage externe, dans le sens déjà indiqué précédemment, l'antinonnine mérite tout à fait d'être recommandée en distillerie, ce qui est corroboré par les nombreuses expériences de l'auteur.

Disons aussi qu'il ne faut pas oublier que l'antinonnine a une saveur amère intense et qu'elle a la propriété. désagréable dans certaines circonstances, de colorer fortement en jaune.

[*Aldéhyde formique*. — Boulet a proposé de remplacer l'acide fluorhydrique par l'*aldéhyde formique* (*formol*, *formaldéhyde*), dont Trillat a étudié récemment les propriétés antiseptiques et indiqué en même temps un procédé économique pour sa préparation industrielle. Suivant E. Sorel, l'aldéhyde formique a pour la distillerie la même valeur que l'acide fluorhydrique.

La levure peut s'acclimater à de fortes doses de formaldéhyde, et en outre la diastase n'est pas gênée par la présence de cet antiseptique.

En ajoutant à un moût 2 p. 10 000 d'aldéhyde formique, on a

obtenu un rendement en alcool de 6,25 p. 100, tandis que le même moût sans formol n'avait donné que 5,25 p. 100.]

II. — Pertes pendant la fermentation[1].

Nous ne pouvons démontrer d'une manière plus expressive l'importance de la pureté de la fermentation, dont il a déjà été question dans les pages précédentes, qu'en énumérant les différentes causes qui entravent plus ou moins la formation de l'alcool pendant le processus de la fermentation et donnent lieu à des pertes.

Nous devons dans ce but répondre d'abord aux deux questions suivantes :

1° Quel rendement en alcool devrait donner, d'après le *calcul théorique*, la somme de la matière amylacée mise en œuvre?

2° A combien s'élève, comparé au rendement théorique, le rendement en alcool *réellement obtenu ?*

Pour plus de clarté, je vais d'abord donner ici les explications suivantes : le calcul du rendement le plus convenable est celui par kilogramme d'amidon converti en moût, parce qu'alors le degré d'utilisation des matières premières trouve son expression et peut être contrôlé. Pour effectuer ce calcul, on établira d'abord le nombre de kilogrammes d'amidon mis en œuvre, pour calculer ensuite combien d'alcool on aurait dû retirer par kilogramme d'amidon.

Mais nous n'aurons un point de comparaison pour apprécier le rendement calculé de cette manière que si nous savons combien il peut théoriquement se former d'alcool aux dépens de 1 kilogramme d'amidons accharifié. Nous sommes ainsi revenus à la première des questions précédentes.

100 parties de sucre complètement décomposées dans le sens de la fermentation alcoolique, c'est-à-dire seulement en alcool et acide carbonique, sans aucun autre produit secondaire, fournissent 51,1 parties d'alcool et 48,9 parties d'acide carbonique. Mais, pour obtenir 100 parties de sucre, il faut 90 parties d'amidon. D'après

[1] Les considérations exposées en II et III (p. 348) se rapportent exclusivement à la fabrication de l'alcool avec les matières amylacées.

cela, on peut calculer que le *rendement théorique* de 1 kg. d'amidon s'élève à 0,7164 lit. d'alcool anhydre, ou que celui de 100 kg. est égal à 71,6 litres.

Comme on le sait, le rendement calculé théoriquement ne concorde jamais avec celui qui est réellement obtenu ; plus est grande la différence entre les deux rendements, plus sont importantes les pertes de fermentation. Nous allons maintenant examiner les causes de ces pertes, mais en faisant remarquer tout d'abord que les *pertes par fermentations secondaires*, *par défaut de pureté de la fermentation* peuvent être les plus importantes et le sont même le plus souvent.

1° *Une certaine quantité d'amidon reste non désagrégée*, c'est-à-dire qu'elle se soustrait à la désagrégation dans le cuiseur, ainsi qu'à la saccharification dans la cuve-matière et par suite aussi à la fermentation et à la production d'alcool. Les pertes ainsi produites sont cependant relativement faibles avec les dispositifs perfectionnés des distilleries modernes ; elles s'élèvent en grande moyenne à 2 p. 100, et seulement à 0,5 — 0,7 p. 100 avec un travail tout à fait bon. Mais un travail mauvais, l'emploi de matières anormales et surtout un dispositif mécanique insuffisant peuvent faire monter ces pertes jusqu'à 4 et même 7 p. 100. Dans les petites distilleries avec travail primitif, on peut même fréquemment observer des pertes de 12 p. 100 par suite d'une désagrégation défectueuse.

2° *Une certaine portion de l'extrait du moût ne fermente pas.* Même avec la meilleure fermentation, des fractions de la maltose et des dextrines échappent à la fermentation par la levure et nuisent par conséquent à la production de l'alcool. Les pertes résultant de ce fait sont beaucoup plus importantes que celles qui sont occasionnées par le défaut de désagrégation de l'amidon. On admet généralement que sur 100 parties d'hydrates de carbone dissous il y en a qui ne fermentent pas :

Dans des conditions particulièrement favorables.	4 p. 100
Avec un travail moyennement bon	7 —
Avec une mauvaise conduite de la fermentation jusqu'à. .	12 —

Avec des moûts de pommes de terre marquant 20° saccharomé-

triques et un travail moyennement bon (7 p. 100 d'hydrates de carbone non fermentés), cela correspondrait à une fermentation à 1°,5 Balling environ, tandis qu'avec des moûts très sucrés la fermentation, dans les mêmes conditions, irait jusqu'à 0° environ.

Une fermentation jusqu'à 7 p. 100 de l'extrait peut être obtenue régulièrement dans le travail de moûts épais et de moûts clairs. Abstraction faite de la concentration primitive, le chiffre le plus bas pour la maltose non fermentée dans les moûts mûrs de pommes de terre, de maïs ou de céréales s'élève, d'après les recherches de l'auteur, à 0,3 p. 100 environ, tandis que les chiffres des dextrines sont généralement un peu plus élevés.

3° *Une certaine quantité d'extrait du moût éprouve pendant le cours de la fermentation une décomposition autre que celle en alcool et acide carbonique.* Au nombre des causes de ces pertes de fermentation proprement dites, il faut compter :

a. Le développement des champignons des acides lactique et butyrique et d'autres schizomycètes. Comme on l'a dit dans le chapitre relatif à la préparation de la levure, le champignon de l'acide lactique est cultivé avec intention dans le moût-levain et de de là il passe aussi dans les moûts ; ici comme là il se multiplie aux dépens du sucre. Dans des conditions normales, il ne se forme que très peu d'acide butyrique ; mais il s'implante dans la levure et dans le moût presque régulièrement et souvent en quantités considérables d'autres schizomycètes, dont la présence peut être aisément reconnue à l'aide du microscope.

b. La perte en sucre résultant de la croissance de la levure, pour la formation de la paroi des cellules, de matière grasse, etc., ainsi que de produits de la métamorphose de la matière, comme la glycérine et l'acide succinique.

c. La perte en sucre due à la formation des huiles essentielles ou de fousel.

d. La perte par la respiration de la levure, dans laquelle une certaine quantité de sucre est, avec absorption d'oxygène, transformée en acide carbonique.

4° *Une certaine quantité de l'alcool produit est ultérieurement transformée dans le moût, par oxydation, en aldéhyde et acide acé-*

tique, ou bien elle s'évapore ou enfin est entraînée par l'acide carbonique qui se dégage.

Avec les températures de fermentation autrefois usitées, lesquelles n'atteignaient leur maximum qu'à 31°,25 — 33°75, il s'évaporait beaucoup plus d'alcool et il se formait une quantité bien plus grande de produits d'oxydation qu'actuellement où, grâce à l'emploi de réfrigérants dans les cuves, on peut empêcher les moûts de s'échauffer à une température supérieure à 28°,75.

La quantité de l'alcool entraînée par le dégagement de l'acide carbonique n'est point à dédaigner; il faut donc éviter aussi une marche trop rapide des réfrigérants mobiles, 12 ou tout au plus 15 tours par minute sont tout à fait suffisants, et il faut faire en sorte que dans leur mouvement ascendant les réfrigérants arrivent juste à la surface du moût, mais ne sortent pas de ce dernier.

Nous venons d'indiquer dans ce qui précède les causes de perte qui dans la pratique, même avec le meilleur travail que nous connaissions aujourd'hui, font que le rendement que l'on peut atteindre est beaucoup inférieur au rendement théorique. A ce sujet, nous devons mentionner ce fait intéressant, et qui parle en faveur du travail de moûts épais, que les pertes de fermentation dans les moûts épais et dans les moûts clairs offrent presque la même importance. Mais si — ce qui est rationnel — on rapporte les pertes à la teneur en sucre pour cent, les chiffres sont relativement plus favorables pour les moûts épais que pour les moûts clairs.

Nous donnons dans ce qui suit un aperçu de l'importance des pertes résultant d'un défaut de désagrégation, d'une fermentation incomplète, ainsi que de la production de fermentations secondaires :

1° Perte due à la désagrégation défectueuse de l'amidon : avec un bon travail 0,5, avec un travail moyen 2,0, avec un mauvais travail 3,0 p. 100 de l'amidon des matières employées mises en œuvre;

2° Perte par fermentation incomplète de l'extrait de moût : 4,7 ou 12 p. 100 de l'extrait de moût (maltose et dextrines) restent non fermentés, suivant que la marche de la fermentation est bonne, moyenne ou mauvaise.

3° Perte par fermentations secondaires, évaporation d'alcool, etc.: 7,5, 12,15 p. 100.

Il résulte de là que l'on a, calculée en amidon, une perte totale de 11,7, 19,8 et 27,4 p. 100 avec un bon travail, un travail moyen et un mauvais travail, comme le montre le tableau suivant, dû à MAERKER :

	Bon travail.	Travail moyen.	Mauvais travail.
Amidon mis en œuvre.	100	100	100
Dont il est resté non désagrégé. . .	0,5	2	3
	99,5	98	97
Dont 4, 7, 12 p. 100 ne fermentent pas.	4	6,9	11,6
	95,5	91,1	85,4
Dont il faut encore déduire, par suite des fermentations secondaires et des pertes, 7, 5, 12, 15 p. 100. . .	7,2	10,9	12,8
	88,3	80,2	72,6

On obtient donc :

En travaillant bien	88,3	p. 100
— moyennement bien	80,2	—
— mal	72,6	—

du rendement théorique.

Si maintenant on part de ce fait que 1 kg. d'amidon donne 0,716 lit. d'alcool ou 100 kg. 71,6 lit., on peut calculer combien dans la pratique on retirera de litres d'alcool de 100 parties d'amidon.

De 100 parties d'amidon les quantités suivantes sont réellement transformées en alcool et de 100 kg. d'amidon on retire les quantités suivantes d'alcool :

	Quantités d'amidon pour 100 du rendement théorique transformées en alcool.	Litres d'alcool retirés de 100 kg. d'amidon.
Travail excellent.	88,3	63,2
— moyen.	80,2	57,6
— mauvais	72,6	52,0

Un rendement de 63 litres p. 100 d'amidon n'est pas, on le comprend, régulièrement obtenu, mais seulement exceptionnellement, et cela ne peut avoir lieu qu'avec une matière première absolument bonne, une disposition irréprochable de la distillerie et un travail conduit avec tout le soin désirable. Mais, avec une bonne installation et une bonne matière première, on peut raisonnablement s'attendre à obtenir en moyenne un rendement de 58 à 60 litres pour 100 kg. d'amidon.

III. — Calcul du rendement.

J'ai déjà dit que la meilleure manière de se rendre compte du travail de la distillerie, c'était de rapporter le rendement en alcool à la quantité totale d'amidon mise en œuvre. Après avoir dans ce qui précède établi numériquement la comparaison entre le rendement en alcool théoriquement possible et les pertes qui se produisent même avec le meilleur travail, il nous reste encore à élucider la question suivante : *Comment calcule-t-on la quantité d'amidon mise en œuvre dans chaque opération ?* ou plus simplement : *Combien a-t-on mis d'amidon en œuvre ?*

D'abord, pour ce qui concerne la *distillation des céréales*, les grandes usines établissent leurs calculs exclusivement d'après les résultats de l'analyse chimique à laquelle a été soumise la matière première à travailler, par exemple le maïs ou le seigle. La teneur en amidon du malt vert est évaluée dans le calcul à 40 p. 100, celle du malt touraillé à 68 p. 100.

Dans ce cas, le calcul s'établit très simplement de la manière suivante :

Il a été mis en œuvre, par exemple :

2 500 kg. de maïs avec 62,5 p. 100 d'amidon.	1 562,5 kg. d'amidon.
500 kg. de malt vert avec 40 p. 100 — .	200 —
Soit en totalité.	1 762,5 kg. d'amidon.

On a retiré 1049,472 litres d'alcool.

Si l'on divise par la somme de l'amidon — c'est-à-dire par 1 762,5 dans le cas en question — le nombre des litres d'alcool obtenus à la distillation — qui dans notre cas est égal à 1049,472, on apprend que 100 kg. d'amidon ont donné 59,5 litres d'alcool. Mais comme le rendement théoriquement possible s'élève à 71,6 litres pour 100 kg. d'amidon, on n'aurait obtenu dans notre exemple que 83,1 p. 100 du rendement théorique.

Comme on le voit, le calcul est extraordinairement simple et en même temps exact, dès que l'on peut y introduire la quantité de l'amidon de la matière première du moût sous la forme de nombres déterminés par une analyse chimique.

Mais lorsqu'il n'en est pas ainsi, c'est-à-dire lorsqu'on est obligé de calculer la proportion de l'amidon des matières mises en œuvre avec des *nombres moyens*, le calcul est plus ou moins entaché d'inexactitude ou même sans valeur. Voici, abstraction faite des pommes de terre, les valeurs moyennes généralement admises pour les principales matières amylacées employées pour la préparation des moûts :

Maïs	63	p. 100	d'amidon.
Seigle	63	—	—
Orge	60	—	—
Avoine	53	—	—
Froment	65	—	—
Malt vert	40	—	—
Malt touraillé	68	—	—

A la page 21 de cet ouvrage j'ai donné une série d'analyses de seigles, afin de montrer par cet exemple à quelles importantes variations est soumise la composition des céréales. Les mêmes variations s'observent aussi dans la composition du maïs ; si donc on ne veut pas se mettre dans l'erreur, on calcule non pas avec les valeurs moyennes qui ne sont qu'approximatives, mais avec les nombres fournis par l'*analyse*. Mais celui qui a la précaution de n'acheter le maïs que d'après sa teneur en amidon et en eau déterminée analytiquement, ce qu'on ne saurait trop recommander, ne sera pas seulement en état d'éviter un mécompte lors de l'achat de ce grain, non, il pourra aussi calculer exactement quel rendement il doit chaque jour attendre du maïs travaillé.

Lorsqu'on travaille des *pommes de terre*, on est obligé d'adopter pour le calcul les teneurs en amidon pour cent qui peuvent être déduites du poids spécifique déterminé à l'aide de la balance de Reimann. Les nombres ainsi obtenus ne sont pas absolument exacts puisque, ainsi que nous l'avons déjà dit, on peut avec la méthode de Reimann commettre des erreurs de 2 p. 100 en plus ou en moins, ce qui toutefois n'arrivera que rarement, car la teneur réelle en amidon est généralement déterminée de cette façon avec une approximation de 1 p. 100 en plus ou en moins. Malgré cela, on doit reconnaître que ce mode de calcul du rendement pour

le travail des pommes de terre est beaucoup moins exact que celui dont il a été question à propos des céréales.

En partant, pour le calcul du rendement des moûts de pommes de terre, des *degrés saccharométriques marqués par les moûts sucrés*, on obtient, bien que cela ne soit pas aussi simple, des résultats plus exacts qu'à l'aide du poids spécifique et de la teneur en amidon déduite de ce dernier ; il faut en outre connaître les données suivantes :

1° Le volume du moût sucré avant l'addition de la levure ;

2° La quantité d'amidon employée pour la préparation de la levure.

Comme le saccharomètre indique le poids pour cent de la *substance sèche*, mais non le poids pour cent du sucre et que la substance sèche des moûts se compose de sucre et de non-sucre en proportions variables, le degré saccharométrique marqué par le moût sucré doit être corrigé à l'aide de *quotients*, c'est-à-dire converti en la teneur en sucre ou en amidon.

Relativement à l'expression *quotient*, nous renverrons à la partie du Chapitre XI où il est question de l'analyse des moûts sucrés et nous nous bornerons à dire ici que l'on nomme *quotient* ou mieux encore *quotient de pureté* du moût le rapport, exprimé en unités saccharométriques pour 100, entre les substances fermentescibles contenues dans un moût et les substances non fermentescibles.

Il est évident que le quotient des moûts est d'autant plus élevé que les pommes de terre qui ont servi à le préparer sont plus riches en amidon ; nous baserons donc nos calculs sur les valeurs suivantes :

	Degrés saccharométriques.	Quotients.
Moûts provenant de pommes de terre très riches en amidon	22 à 24°	90
Moûts provenant de pommes de terre riches en amidon.	18 à 22°	85
Moûts provenant de pommes de terre moyennement riches en amidon	16 à 18°	82

Il y a aussi une autre correction à apporter pour la teneur en drèche, parce qu'on a déterminé les degrés saccharométriques dans le moût filtré, par conséquent débarrassé de la drèche. Ici, on admet les valeurs suivantes :

Les moûts de pommes de terre très riches en amidon, à peau mince, contiennent. . . . 2 vol. p. 100 de drèche.
Les moûts de pommes de terre moins bonnes contiennent . . . . . 3,5 — —
Les moûts de pommes de terre pauvres en amidon contiennent. . . . . 5 — —

Enfin, il faut encore tenir compte de la température du moût, lors de la détermination de son degré saccharométrique. Dans nombre de cas, cette détermination ne peut pas être effectuée à la température normale de 17°,50 C. (= 14° R.), pour laquelle le saccharomètre est gradué ; elle a lieu au contraire à des températures beaucoup plus élevées ; une réduction à la température normale est donc aussi nécessaire dans certaines circonstances. C'est à cela que sert la table suivante, qui est basée sur la dilatation d'une solution de sucre de canne à 20 p. 100, avec laquelle celle des moûts sucrés ne présente qu'une différence à peine sensible.

1 LITRE DE MOUT à degrés centrigades.	CORRESPOND à litres de mout à 17°,50 C.	1 LITRE DE MOUT à degrés centigrades.	CORRESPOND à litres de mout à 17°,50 C.
65	0,980	41	0,992
64	0,981	40	0,9925
63	0,9815	39	0,9925
62	0,982	38	0,993
61	0,9825	37	0,9935
60	0,983	36	0,994
59	0,9835	35	0,9945
58	0,984	34	0,995
57	0,9845	33	0,9955
56	0,985	32	0,9955
55	0,9855	31	0,9955
54	0,986	30	0,996
53	0,9865	29	0,9965
52	0,987	28	0,997
51	0,9875	27	0,997
50	0,988	26	0,9978
49	0,9885	25	0,9975
48	0,989	24	0,998
47	0,9895	23	0,9985
46	0,990	22	0,9985
45	0,990	21	0,999
44	0,9905	20	0,9995
43	0,991	19	0,9995
42	0,9915	18	1,0000

Cette table indique quel volume de moût à 17°,50, fournit 1 litre de moût aux températures comprises entre 65 et 18°. Si une quantité de moût mesurée à une température quelconque doit être convertie, on la multiplie par le facteur correspondant à la température à laquelle a eu lieu la mensuration.

Un exemple rendra plus facile l'exécution de ces calculs :

Degrés saccharométriques du moût filtré. . .	26° Balling.
26° saccharom. × le quotient 0,90 = 23,4 p. 100 de sucre. . . . . =	21,06 kg. d'amidon.
Volume du moût sucré mesuré à 20°	5 000 litres.
Volume corrigé à 17°,50	4 997,5 —
Après déduction de 2 p. 100 de drèche. . . .	4 897,5 —
4 897,5 litres à 26° Balling = poids spécifique de 1,111	5 441,12 kg. d'amidon.
5 441,12 kg. de moût dépelé avec 21,6 p. 100 d'amidon.	1 175,25 — —
200 kg. de malt vert pour la levure à 40 p. 100.	80,00 — —
Soit en totalité.	1 255,28 kg. d'amidon.
On a retiré.	765,72 litres d'alcool.

Ce qui correspond à un rendement par 100 kg. d'amidon de 61 litres d'alcool.

La méthode dont nous venons de donner un exemple fournit, si l'on a soin d'effectuer les corrections nécessaires, des résultats d'une exactitude suffisante ; comme on l'a déjà dit précédemment, elle se recommande surtout pour les calculs de rendement des moûts de pommes de terre.

Le calcul de l'amidon des moûts se fait encore plus simplement d'après les indications du saccharomètre avec l'aide de la table suivante (p. 253) :

La capacité de la cuve s'élève, par exemple, à 2 300 litres. On a laissé 8 cm. d'espace libre (1 cm. = 20 litres). L'espace libre s'élève par conséquent à 160 litres et la quantité du moût à 2 300 — 160 = 2 140 litres. En admettant une teneur en drèche de 3 p. 100, il faut, de la quantité de moût 2140 litres, retrancher encore 64,2 litres. Il reste par conséquent 2 075,8 litres de *moût filtré*.

Table pour le calcul de la teneur en amidon d'après les indications du saccharomètre.

DEGRÉS SACCHAROMÉTRIQUES	QUOTIENT 100		QUOTIENT 95		QUOTIENT 90		QUOTIENT 85		QUOTIENT 80	
	A 100 lit. de moût correspondent kg. d'amidon.	Teneur du moût filtré en alcool, lorsque de 100 kilogr. d'amidon on retire 58 lit. d'alcool.	A 100 lit. de moût correspondent kg. d'amidon.	Teneur du moût filtré en alcool, lorsque de 100 kilogr. d'amidon on retire 58 lit. d'alcool.	A 100 lit. de moût correspondent kg. d'amidon.	Teneur du moût filtré en alcool, lorsque de 100 kilogr. d'amidon on retire 58 lit. d'alcool.	A 100 lit. de moût correspondent kg. d'amidon.	Teneur du moût filtré en alcool, lorsque de 100 kilogr. d'amidon on retire 58 lit. d'alcool.	A 100 lit. de moût correspondent kg. d'amidon.	Teneur du moût filtré en alcool, lorsque de 100 kilogr. d amidon on retire 58 lit. d'alcool.
28	28,22	16,36	26,81	15,54	25,40	14,72	23,99	13.91	22,58	13,09
27	27,19	15,77	25,73	14,98	24,47	14,19	23,11	13,40	21,75	12,61
26	26,01	15,08	24,70	14,32	23,41	13,57	22,11	12,82	20,81	12,06
25	24,87	14,42	23,63	13,70	22,38	12,98	21,14	12,26	19,90	11,54
24	23,77	13,79	22,58	13,10	21,39	12,41	20,21	11,72	19,01	11,03
23	22,71	13,17	21,57	12,51	20,44	11,85	19,30	11,19	18,17	10,54
22	21,62	12,54	20,55	11,92	19,46	11,29	18,38	10,66	17,30	10,03
21	20,57	11,93	19,54	11,33	18,51	10,74	17,48	10,14	16,45	9,54
20	19,49	11,30	18,52	10,74	17,54	10,17	16,57	9,61	15,59	9,04
19	18,45	10,70	17,53	10,17	16,61	9,63	15,68	9,09	14,76	8,56
18	17,39	10,09	16,52	9,58	15,65	9,08	14,78	8,57	13,91	8,07
17	16,35	9,48	15,53	9,04	14,72	8,54	13,90	8,06	13,08	7,59
16	15,35	8,90	14,57	8,45	13,81	8,01	13,05	7,57	12,28	7,12
15	14,33	8,31	13,61	7,89	12,90	7,48	12,18	7,06	11,46	6,65
14	13,32	7,73	12,65	7,34	11,99	6,95	11,32	6,57	10,66	6,18
13	12,32	7,15	11,70	6,79	11,09	6,43	10,47	6,07	9,86	5,72
12	11,32	6,57	10,75	6,24	10,01	5,91	9,62	5,58	9,06	5,25

Le moût sucré marquant au saccharomètre 20 p. 100, l'amidon du moût filtré avec un quotient :

	Dans 100 litres.	Dans 2 076 litres.
a, de 90, c'est-à-dire si l'on travaille des pommes de terre moyennement bonnes ou du maïs très cuit, est égal à	17,54 kg.	364,1 kg.
b, de 80, c'est-à-dire si l'on travaille des pommes de terre très pauvres en amidon, mélangées avec du seigle, est égal à	15,59 —	323,6 —

Par conséquent, le rendement s'élève : pour *a* à 364,1 × 60 = 218,46 lit. = 9,5 lit. par 100 lit. de capacité de cuve, pour *b* à 323,6 × 60 = 194,16 lit. = 8,44 par 100 lit. de capacité de cuve.

On peut se baser sur les indications contenues dans le tableau suivant relativement aux rendements que, dans l'état actuel de l'industrie de la distillation, on peut attendre des différentes matières amylacées mises en œuvre :

100 KILOGRAMMES	ONT DONNÉ AVEC UN RENDEMENT PAR 100 KG. D'AMIDON DE			
	63,2 lit.	60 lit.	58 lit.	56 lit.
	Litres.			
Maïs avec 63 p. 100 d'amidon	39,82	37,80	36,54	35,28
— 60 —	37,92	36	34,80	33,60
Seigle avec 63 p. 100 d'amidon	39,82	37,80	36,54	35,28
Froment avec 65 p. 100 d'amidon	41,08	39	37,70	36,40
Orge avec 60 p. 100 d'amidon	37,92	36,	34,80	33,60
Malt vert (orge première qualité) avec 40 p. 100 d'amidon	25,28	24	23,20	22,40
Malt vert (orge qualité inférieure) avec 35 p. 100 d'amidon	22,12	21	20,30	19,60
Malt touraillé (orge première qualité) avec 68 p. 100 d'amidon	42,98	40,80	39,44	38,08
Malt touraillé (orge qualité inférieure) avec 63 p. 100 d'amidon	39,82	37,80	36,54	35,28
Pommes de terre avec 15 p. 100 d'amidon.	9,48	9	8,70	8,40
— 18 —	11,38	10,80	10,44	10,08
— 20 —	12,64	12	11,60	11,20
— 22 —	13,90	13,20	12,76	12,32
— 24 —	15,17	14,40	13,92	13,44
— 25 —	15,80	15	14,50	14

Pour la *détermination des rendements probables*, on peut se servir des tables que nous donnons plus loin.

Si des degrés saccharométriques du moût sucré on retranche ceux du moût fermenté, on obtient le nombre des *degrés saccharométriques fermentés*. A ce nombre correspond une certaine teneur en alcool, qui dans les moûts épais, avec leur fermentation relativement plus pure, est plus élevée que dans les moûts clairs. Ainsi, d'après la table I, 20° saccharométriques fermentés correspondent à une teneur en alcool du moût filtré de 10,96 p. 100 en volume, tandis que 10° indiquent une richesse alcoolique de 5,22 volumes p. 100 dans le liquide filtré, ce qui fait par degré saccharométrique dans le premier cas 0,548 vol. p. 100 d'alcool et dans le second 0,522 vol. p. 100.

Dans ces tables, il faut bien faire attention de ne pas confondre les expressions *capacité de cuve*, *moût* et *moût filtré*. Le moût = la capacité de cuve moins l'espace perdu. Le moût filtré = le moût moins les drèches.

Remarques relatives aux tables II à IV :

Capacité de la cuve de fermentation	2 300 litres.
Espace perdu.	200 —
Volume du moût.	2 100 litres.

	Degrés saccharométriques.
Moût sucré	21
Moût fermenté	1
Degrés saccharométriques fermentés	20

Le moût contient d'après cela :

a. Avec 2 p. 100 de drèches, c'est-à-dire si l'on travaille des pommes de terre très riches en fécule ou du maïs à enveloppe corticale mince, 10,74 p. 100 d'alcool en volume;

b. Avec 3,5 p. 100 de drèches, c'est-à-dire si l'on travaille des pommes de terre moins bonnes ou du maïs à enveloppe corticale très épaisse, 10,58 p. 100 d'alcool en volume;

c. Avec 5 p. 100 de drèches, c'est-à-dire si l'on travaille des pommes de terre mauvaises, de l'orge à enveloppe épaisse, etc., 10,41 p. 100 d'alcool en volume.

Le rendement est donc :

Pour *a* : $10{,}74 \times \frac{2\,100}{100} = 225{,}54$ litres = 9,80 p. 100 de la capacité de cuve.

Pour b : $10{,}58 \times \frac{2\,100}{100} = 222{,}18$ litres $= 9{,}66$ p. 100 de la capacité de cuve.

— c : $10{,}41 \times \frac{2\,100}{100} = 218{,}51$ — $= 9{,}50$ — — —

I

100 LITRES DE MOUT FILTRÉ DONNENT :					
Avec degrés saccharométriques fermentés.	Alcool p. 100.	Avec degrés saccharométriques fermentés.	Alcool p. 100.	Avec degrés saccharométriques fermentés.	Alcool p. 100.
24	13,44	19	10,35	14	7,45
23	12,81	18	9,77	13	6,89
22	12,19	17	9,18	12	6,32
21	11,55	16	8,59	11	5,78
20	10,96	15	8,03	10	5,22

II

100 LITRES DE MOUT DONNENT :			
Avec degrés saccharométriques fermentés.	AVEC UNE TENEUR EN DRÈCHE DE :		
	2 p. 100.	3,5 p. 100.	5 p. 100.
24	13,17 p. 100	12,97 p. 100	12,75 p. 100
23	12,75 —	12,36 —	12,17 —
22	11,94 —	11,76 —	11,58 —
21	11,32 —	11,15 —	10,97 —
20	10,74 —	10,58 —	10,41 —
19	10,14 —	9,99 —	9,83 —
18	9,58 —	9,43 —	9,28 —
17	9 —	8,86 —	8,72 —
16	8,42 —	8,29 —	8,16 —
15	7,87 —	7,75 —	7,63 —
14	7,30 —	7,19 —	7,08 —
13	6,75 —	6,65 —	6,55 —
12	6,19 —	6,10 —	6, —
11	5,66 —	5,58 —	5 49 —
10	5,12 —	5,04 —	4,96 —

Le moût sucré marquait avant sa fermentation 21 degrés saccharométriques et après celle-ci 1 degré. Il a donc fermenté de 21 — 1 = 20 degrés. Le *moût filtré* contient alors, d'après la table I, 10,96 d'alcool en volume.

III. — *Table indiquant le rendement possible de* 100 *litres de capacité de cuve avec* un espace perdu *de* 5 *p.* 100 *et une teneur en drèche de* 2, 3 1/2 *et* 5 *p.* 100.

DEGRÉS FERMENTÉS	2 P. 100 DE DRÈCHE	3,5 P. 100 DE DRÈCHE	5 P. 100 DE DRÈCHE
	Alcool p. 100 en vol.	Alcool p. 100 en vol.	Alcool p. 100 en vol.
24	12,50	12,29	12,10
23	11,91	11,72	11,53
22	11,35	11,17	11,00
21	10,75	10,59	10,42
20	10,20	10,05	9,89
19	9,64	9,49	9,34
18	9,10	8,96	8,82
17	8,55	8,42	8,28
16	8,00	7,88	7,75
15	7,48	7,36	7,25
14	6,94	6,83	6,73
13	6,41	6,32	6,22
12	5,89	5,79	5,69
11	5,38	5,30	5,22
10	4,86	4,79	4,71

IV. — *Table indiquant le rendement possible de* 100 *litres de capacité de cuve avec* un espace perdu *de* 7,5 *p.* 100 *et* 2, 3 1/2 *et* 5 *p.* 100 *de drèches.*

DEGRÉS FERMENTÉS	2 P. 100 DE DRÈCHE	3,5 P. 100 DE DRÈCHE	5 P. 100 DE DRÈCHE
	Alcool p. 100 en vol.	Alcool p. 100 en vol.	Alcool p. 100 en vol.
24	12,16	11,96	11,76
23	11,59	11,40	11,21
22	11,05	10,89	10,71
21	10,47	10,31	10,15
20	9,94	9,79	9,63
19	9,38	9,24	9,16
18	8,86	8,72	8,59
17	8,32	8,20	8,07
16	7,79	7,67	7,55
15	7,28	7,17	7,06
14	6,75	6,65	6,55
13	6,25	6,15	6,06
12	5,73	5,64	5,55
11	5,24	5,16	5,08
10	4,73	4,66	4,59

IV. — Alcoométrie.

On détermine le degré, c'est-à-dire la teneur en alcool d'un esprit à l'aide d'un *aéromètre* gradué spécialement pour cet usage ; c'est le procédé le plus commode. Parmi ces aéromètres (*alcoomètres*), les uns indiquent la teneur en volume p. 100, les autres la teneur en poids p. 100 ; les deux sortes d'instruments sont en usage dans les distilleries. Tandis qu'autrefois on ne rencontrait dans les récipients des appareils distillatoires que les alcoomètres avec échelle en volume, on emploie en Allemagne, depuis la loi du 1er juillet 1889, l'alcoomètre indiquant la teneur en poids p. 100.

Nous devons immédiatement montrer qu'il existe une différence entre les teneurs p. 100 en volumes et celles en poids (voy. la table ci-jointe). Si l'on dit, par exemple, une eau-de-vie contient 10 p. 100 en poids d'alcool, cela ne signifie rien autre chose que dans 100 parties en poids (100 kg.) de cette eau-de-vie il y a 50 parties en poids (50 kg.) d'alcool, tandis qu'un esprit contient 50 volumes p. 100 d'alcool, si dans 100 volumes (100 litres) il se trouve 50 volumes (50 litres) d'alcool. Mais les teneurs en volumes et les teneurs en poids ne peuvent pas concorder, par suite de la différence entre le poids spécifique de l'eau et celui de l'alcool, et de la contraction que ces liquides éprouvent lorsqu'on les mélange.

Si l'on mélange par exemple :

100 litres d'eau qui pèsent 100 kg. avec 100 litres d'alcool absolu du poids spécifique 0,794, qui forment par conséquent un poids de 79, 4 kg., on n'obtient pas, par suite de la contraction, 200 litres de mélange, mais seulement 192,8 litres, qui pèsent 179,4 kg.

Dans les 192,8 litres il y a 100 litres d'alcool absolu ; 100 litres du mélange contiennent donc 51,86 litres d'alcool, par conséquent 51,86 p. 100 en volume.

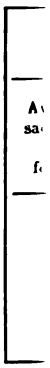
Dans 179,4 kg. du mélange, il y a 79,4 kg. d'alcool absolu ; 100 kg. contiennent donc 44, 26 kg. d'alcool, c'est-à-dire 44, 26 p. 100 en poids.

Rapport entre les indications de l'alcoomètre en volume et celles de l'alcoomètre en poids.

ALCOOL P. 100			ALCOOL P. 100			ALCOOL P. 100		
En volume.	En poids.		En volume.	En poids.		En volume.	En poids.	
0	0,04	0,81	34	28,29	0,87	68	60,48	1,05
1	0,85	0,81	35	29,16	0,87	69	61,53	1,06
2	1,66	0,81	36	30,03	0,87	70	62,59	1,07
3	2,47	0,80	37	30,90	0,87	71	63,66	1,08
4	3,27	0,81	38	31,78	0,88	72	64,74	1,09
5	4,08	0,80	39	32,66	0,88	73	65,83	1,09
6	4,88	0,81	40	33,54	0,89	74	66,92	1,10
7	5,69	0,81	41	34,43	0,90	75	68,02	1,11
8	6,50	0,81	42	35,33	0,90	76	69,13	1,13
9	7,31	0,81	43	36,23	0,90	77	70,26	1,13
10	8,12	0,82	44	37,13	0,91	78	71,39	1,14
11	8,94	0,81	45	38,04	0,90	79	72,53	1,15
12	9,75	0,82	46	38,94	0,92	80	73,68	1,16
13	10,57	0,82	47	39,86	0,92	81	74,84	1,16
14	11,39	0,83	48	40,78	0,93	82	76	1,18
15	12,22	0,83	49	41,71	0,93	83	77,18	1,19
16	13,05	0,83	50	42,64	0,94	84	78,37	1,21
17	13,88	0,84	51	43,58	0,95	85	79,58	1,22
18	14,72	0,83	52	44,53	0,95	86	80,80	1,23
19	15,55	0,84	53	45,48	0,96	87	82,03	1,25
20	16,39	0,84	54	46,44	0,96	88	83,28	1,26
21	17,23	0,85	55	47,40	0,97	89	84,54	1,28
22	18,08	0,84	56	48,37	0,98	90	85,82	1,30
23	18,92	0,84	57	49,35	0,98	91	87,12	1,32
24	19,76	0,84	58	50,33	0,99	92	88,44	1,35
25	20,60	0,84	59	51,32	0,99	93	89,79	1,37
26	21,44	0,84	60	52,31	1	94	91,16	1,40
27	22,28	0,85	61	53,31	1,01	95	92,56	1,43
28	23,13	0,86	62	54,32	1,01	96	93,99	1,46
29	23,99	0,86	63	55,33	1,02	97	95,45	1,50
30	24,85	0,86	64	56,35	1,02	98	96,95	1,56
31	25,71	0,86	65	57,37	1,03	99	98,51	1,62
32	26,57	0,86	66	58,40	1,04	100	100,13	
33	27,43	0,86	67	59,44	1,04			

Les alcoomètres centésimaux en poids prescrits légalement en Allemagne sont toujours pourvus d'un thermomètre centigrade. Ils sont gradués pour la température normale de 15° C. (= 12° R.). Les *thermoalcoomètres* sont en verre et ils offrent la forme représentée par la figure 92. Pour les distinguer des instruments gradués en volumes, les nouveaux alcoomètres en poids portent de

—



lence par le dessin B, représente la ligne de section. Si l'œil trop au-dessous du niveau du liquide, on voit à la rait une surface ovale ; dès qu'on remonte l'œil, la sur- place au trait. L'indication du trait de l'échelle qui se plus près de la ligne de section est considéré comme n de la force apparente du liquide ; si la ligne de lecture au milieu de l'espace limité par deux traits de l'échelle, indication du trait supérieur.

e de l'alcoomètre est immédiatement suivie de celle du

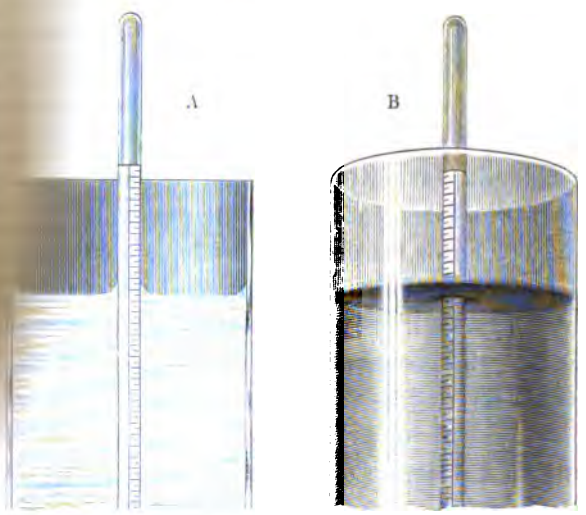


Fig. 93. — Lecture des degrés marqués par l'alcoomètre.

mètre. Dans ce but, on place l'œil à la même hauteur que mité de la colonne mercurielle. L'indication du trait de lle le plus près est regardée comme le degré de la tempéra- du liquide ; si l'extrémité de la colonne mercurielle se trouve au u de l'espace limité par deux traits, comme précédemment, rend le trait supérieur.

our déterminer la *force réelle* d'après les indications de l'alcoo- tre en poids avec la *force apparente* trouvée à une température terminée, on se sert d'une table qui indique en unités p. 100 e — 12° à + 30° les forces réelles.

En *France*, le seul alcoomètre, officiellement reconnu, est celui

de Gay-Lussac, qui indique les richesses alcooliques centésimales en *volume* [1] et qui est gradué pour la température normale de 15° C.

Pour déterminer la *force réelle* d'un alcool d'après les indications de cet instrument avec la force apparente trouvée à une température autre que celle de 15°, on se sert de la table que nous donnons à la fin de cet ouvrage.

Dans cette table se trouve, au-dessous du chiffre indiquant la force réelle un nombre qui fait connaître le volume qu'occuperaient à la température de 15° 1000 cc. (= 1 litre) de l'alcool essayé.

Si un alcool marque, par exemple, 92° G.-L. à la température de 20°, la table indique que sa force réelle est seulement de 90°,8, chiffre qui correspond à la composition chimique vraie de l'alcool examiné, composition invariable quelle que soit la température, et que le distillateur peut souvent avoir besoin de connaître. S'il veut, par exemple, savoir quel est celui de deux rectificateurs qui fournit le plus haut degré d'alcool, il ne pourra effectuer une comparaison exacte entre les deux appareils, si, comme c'est le cas ordinaire, les échantillons essayés ne sont pas à la même température, qu'en se servant de la table des forces réelles.

Supposons maintenant que dans un essai effectué au laboratoire on ait rectifié un flegme préalablement mesuré et qu'on veuille savoir la quantité réelle d'alcool qu'il contenait. Si, par exemple, on a obtenu un distillatum mesurant 500 cc. et marquant 92° G.-L., à la température de 20°, la force réelle de 90°,8 indiquée par la table est celle que l'on eût constatée directement, si, avant d'y plonger l'alcoomètre, on avait refroidi le distillatum à 15°. Mais si l'on avait opéré ce refroidissement, il se serait produit une contraction; laquelle ? La table donne, au-dessous du chiffre réel, le nombre 995, qui signifie que 1 litre de liquide à 20° n'occupera à 15° qu'un volume réel de 995 cc. De sorte qu'au lieu d'avoir 500 cm. de distillation à la force apparente de 92° G.-L., on n'aurait par le refroidissement à 15° que 492,5 cc. de liquide à 90°,8 G.-L. La rectification a donc fourni : $\frac{492,5 \times 90,8}{100} = 447,19$ cm³ d'alcool pur.

[1] [E. Barbet (*Comptes rendus du deuxième Congrès de Chimie appliquée*, t. I. p. 525) a attiré récemment l'attention sur les inconvénients que présente la détermination des forces alcooliques par les volumes, inconvénients qui disparaîtraient si, comme en Allemagne, on substituait les poids aux volumes.]

On déterminerait, à l'aide du même calcul, la quantité d'alcool pur contenue, par exemple, dans un fût de 500 litres et marquant 92° G.-L. à 20°; ce fût contiendrait 447,19 litres d'alcool pur imposable.

Pour arriver à ces résultats, il faut, comme on le voit, faire deux corrections, l'une pour le degré, l'autre pour le volume et multiplier l'un par l'autre les deux nombres corrigés, puis diviser le produit par 100. On obtient ainsi les richesses alcooliques, d'après lesquelles sont établis les comptes de la Régie, qui, pour éviter ce calcul, emploie une table de correction spéciale, dite *Table des richesses alcooliques.*]

Si l'on a déterminé comme il vient d'être dit la teneur p. 100 d'un alcool, on n'a plus qu'à se renseigner sur le nombre de litres obtenus pour pouvoir calculer le rendement par 100 kg. de la matière première mise en œuvre (amidon sous forme de pommes de terre, de grains, ou sucre sous forme de betteraves, de mélasse, etc.).

On détermine le nombre de litres d'alcool obtenu à l'aide d'un tonneau ou d'un récipient jaugés. Les dispositifs les plus commodes sont les *compteurs de Siemens*, qui, intercalés entre les réfrigérants et le vase collecteur de l'alcool, indiquent non seulement la force, mais encore le volume, par conséquent le nombre de litres de l'alcool écoulé pendant la distillation.

[Des appareils jaugeurs de débit sont également construits par Savalle et Cie.]

On emploie aussi fréquemment et avec avantage les petits appareils pour l'essai des moûts par distillation, qui sont décrits et figurés dans le Chapitre XI.

CHAPITRE VII[1]

SACCHARIFICATION ET ALCOOLISATION DES MATIÈRES AMYLACÉES PAR LE PROCÉDÉ COLLETTE ET BOIDIN

L'alcoolisation des matières amylacées par le procédé Collette et Boidin, qui est basé sur l'emploi de mucédinées ou moisissures, semble, bien qu'il ne soit encore que de date toute récente, devoir acquérir, dans un avenir très prochain, une énorme importance industrielle.

C'est pour cela que nous avons consacré à ce procédé un chapitre particulier, et aussi parce qu'il ne pouvait que difficilement trouver place dans l'un des autres chapitres.

Des travaux sur l'emploi des mucédinées en distillerie ont été publiés dans ces derniers temps par Boidin et Rolants[2], L. Lévy[3], A. Fernbach[4], Delbrück[5], Boidin[6], etc. Ce sont ces travaux qui nous ont surtout servi pour la rédaction de l'exposé qui va suivre.

I — Saccharification et alcoolisation de l'amidon par les mucédinées.

On connaît actuellement un certain nombre de mucédinées qui jouissent de la propriété de transformer le sucre en alcool et acide

[1] Ce chapitre n'existe pas dans l'édition allemande.

[2] *La bière et les boissons fermentées*, 1897.

[3] *Du rôle des moisissures en distillerie*, in Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, 1898, t. XV, p. 998.

[4] *L'Amylomyces Rouxii et son emploi en distillerie, Procédé de* MM. Collette et Boidin, in Annales de la Brasserie et de la Distillerie, n° du 25 juillet 1898.

[5] *L'emploi des mucédinées en distillerie*, in Zeitschrift für Spiritusindustrie et Annales de la Brasserie et de la Distillerie, n° du 25 février 1899.

[6] *Sur les mucédinées en distillerie, Procédé Collette et Boidin*, in Bulletin de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, 1899, t. XVI, p. 862.

carbonique, lorsqu'elles vivent immergées à l'abri de l'air, et qui se comportent ainsi exactement comme la levure ordinaire ; mais, lorsqu'elles vivent au contact de l'air, elles brûlent au contraire le sucre en le convertissant intégralement en eau et acide carbonique [1].

Cette propriété a été mise en évidence pour la première fois par Pasteur, dans ses expériences sur le *Mucor racemosus*, qui cultivé, sur des moûts de bière et ensuite immergé au seindu liquide, ne tarde pas à produire la fermentation du sucre. La même chose a lieu avec l'*Aspergillus* ou *Eurotium orizæ*, qui est employé au Japon pour préparer un ferment particulier, appelé *kôji*, lequel sert ensuite pour la fabrication du *saké* ou *vin de riz*, et il en est aussi de même avec les *Mucors alternans, spinosus* et *circinelloïdes*, étudiés par Gayon, le *Chlamydomucor orizæ* de Prinsen Geerligs, qui est employé à Java pour la fermentation des mélasses, l'*Aspergillus Wentii*, qui sert à préparer le *soja* japonais, l'*Eurotiopsis Gayoni* examiné par Laborde, l'*Amylomyces Rouxii* de Calmette et enfin les *Mucors* β et γ récemment étudiés par Boidin et Mousain et dont le premier est actuellement employé dans le procédé d'alcoolisation qui fait l'objet de ce chapitre.

Mais si toutes ces moisissures présentent la propriété de fabriquer de l'alcool, lorsqu'elles sont placées dans certaines conditions, on constate aussi qu'elles en produisent des quantités inégales, et cela pour plusieurs raisons, dont la principale est, suivant Fernbach, qu'elles sont plus ou moins gênées par la présence de l'alcool, de sorte que, quand elles en ont formé une certaine proportion, variable pour chacune d'elles, leur action se trouve forcément paralysée. Cependant, d'après de récentes expériences effectuée à Seclin, dans la distillerie Collette, la présence de l'alcool dans le moût en certaines proportions ne serait pas la cause de l'arrêt de la fermentation ; cet arrêt tiendrait plutôt à ce que certaines mucédinées produisent beaucoup plus d'acide que d'autres, ce qui gêne leur action ultérieure sur l'amidon et les dextrines. C'est précisément pour cela que l'*Amylomyces Rouxii*,

[1] Les organismes qui peuvent vivre indifféremment dans ces deux conditions différentes forment une classe intermédiaire entre les *aérobies*, qui ont besoin de l'oxygène de l'air pour vivre et les *anaérobies*, qui vivent en l'absence de l'oxygène; on les a désignés sous le nom d'*anaérobies facultatives*.

employé tout d'abord dans le procédé COLLETTE et BOIDIN, ne réussit pas avec des moûts épais, que fait au contraire fermenter complètement le *Mucor* β, qui ne forme par litre de moût que 0,75 gr. environ d'acide, tandis que l'*Amylomyces* en produit dans un même volume de mout 1,45 gr. en moyenne[1]. Dans la quantité de sucre qu'elles brûlent, il y a également de grandes différences, et comme le sucre brûlé est soustrait à la fermentation alcoolique, on remarque de grandes variations dans le rendement en alcool qu'elles peuvent fournir.

Mais la propriété de faire fermenter le sucre, comme le fait la levure ordinaire, n'est pas la seule que possèdent ces mucédinées; elles peuvent aussi, et c'est précisément ce qui peut leur donner une importance industrielle, saccharifier l'amidon à l'aide de diastases spéciales, de sorte que si on les introduit dans un milieu nutritif amylacé, elles convertissent l'amidon en alcool, après l'avoir saccharifié, et elles peuvent ainsi, sans autre intervention, remplir le rôle que jouent séparément et successivement le malt et la levure. Une moisissure qui présentera des propriétés saccharifiantes énergiques, en même temps que des propriétés comburantes faibles, pourra évidemment, si elle ne forme pas trop d'acide, être utilisée pour l'alcoolisation industrielle des matières amylacées. Ces propriétés remarquables se rencontrent en partie dans l'*Amylomyces Rouxii* et intégralement dans le *Mucor* β[2].

Le procédé COLLETTE et BOIDIN ayant pour point de départ l'emploi de l'*Amylomyces Rouxii*, isolé par CALMETTE de la levure chinoise, nous nous occuperons tout d'abord de cette moisissure, dont CALMETTE [3] décrit, à peu près de la manière suivante, l'origine et les propriétés.

Origine et propriétés de l'Amylomyces Rouxii. — En Chine et en Indo-Chine, on fabrique avec le riz différentes sortes de boissons

[1] Voyez plus loin, p. 372.

[2] L'emploi de l'*Aspergillus orizæ*, proposé par TAKAMINE en 1894, pour la saccharification des grains, n'a pas répondu aux espérances conçues par son promoteur, parce que les propriétés comburantes de cette moisissure sont tellement énergiques que celle-ci détruit beaucoup trop vite une grande quantité du sucre formé aux dépens de l'amidon.

[3] *Annales de l'Institut Pasteur*, 1892, p. 604.

alcooliques, à l'aide d'un ferment spécial beaucoup plus actif que le *kôji* japonais, avec lequel il a été confondu par les différents auteurs qui en ont fait mention. Ce ferment, constitué par la symbiose d'une moisissure et de plusieurs variétés de levures alcooliques, saccharifie l'amidon cuit avec une très grande énergie. Sa fabrication est le monopole de quelques industriels chinois; le procédé employé par ces derniers est absolument inconnu des distillateurs indigènes. Ce ferment, désigné par les Européens sous le nom de *levure chinoise*, se trouve dans le commerce sous la forme de petits gâteaux aplatis, à peu près du diamètre d'une pièce de cinq francs et offrant une surface granuleuse de couleur grisâtre. Leur base est incrustée de fragments de balles de riz [1].

[1] La *levure chinoise* est préparée à Saïgon de la manière suivante : Un mélange de quarante-six plantes aromatiques finement pulvérisées est versé dans une auge circulaire avec parties égales de farine de riz et la masse ayant été triturée avec soin et convertie en un mélange bien homogène, on la porte dans une terrine, où elle est malaxée avec de l'eau jusqu'à consistance de pâte molle. On coule ensuite cette pâte en petits pains, qu'on dispose sur des nattes, couvertes d'une mince couche de balles de riz humectées d'eau. Les nattes recouvertes de paillassons sont placées dans une pièce obscure. Au bout de quarante-huit heures, à la température moyenne de 30° qui règne à Saïgon, le développement des germes est achevé. La pâte restée humide est ensuite exposée au soleil, jusqu'à dessiccation complète, puis vendue aux distillateurs.

Ces derniers emploient pour la *fabrication de l'alcool* 1,5 kg. environ de levure chinoise par 100 kg. de riz (de préférence la variété désignée sous le nom de *nép*, qui contient 80 à 83, 6 p. 100 d'amidon) et avec cette quantité ils obtiennent 60 litres environ d'eau-de-vie à 36°, soit un rendement moyen de 18 litres d'alcool pur. Le riz décortiqué est d'abord cuit dans une chaudière avec son poids d'eau, jusqu'à ce que le grain s'écrase facilement entre les doigts. On l'étale alors en couches minces sur des nattes pour le laisser refroidir et on le saupoudre de levure pilée au mortier. On le répartit ensuite dans des pots de terre de 20 litres environ de capacité, mais en ne les remplissant qu'à moitié, et on les ferme avec un couvercle. Au bout de trois jours, la saccharification de l'amidon est achevée ; on finit de remplir les pots avec de l'eau du fleuve et on les laisse découverts. La fermentation alcoolique s'établit rapidement et dure deux jours, au bout desquels on distille la masse dans des alambics en tôle chauffés à feu nu.

A la suite de ses études sur l'*Amylomyces*, Calmette a été conduit à améliorer considérablement le mode de travail des Chinois, aussi bien pour la préparation de la levure que pour celle de l'alcool, en procédant de la manière suivante :

Le riz est d'abord chauffé à 100° avec une fois et demie son poids d'eau pendant deux heures environ et il est ensuite étalé en couches minces sur des nattes ; lorsqu'il est refroidi, on le saupoudre avec de la levure chinoise pure, obtenue en cultivant sur du riz de l'*Amylomyces* à l'état pur. On répartit ensuite la masse dans des pots en terre cuite, que l'on ne remplit que jusqu'au tiers de leur capacité, puis on couvre les pots et au bout de trois jours la saccharification est achevée ; on les remplit alors avec de l'eau, on y ajoute de la levure, on les laisse découverts et la fermentation qui se déclare rapidement est terminée au bout de quarante-huit heures. Il ne reste plus maintenant qu'à distiller la liqueur alcoolique ainsi obtenue. En opérant d'après ce procédé, on retire de 100 kg. de riz à 73 p. 100 d'amidon 30 à 36 litres d'alcool pur, par conséquent une quantité bien plus grande qu'avec la méthode chinoise primitive.

Pour découvrir l'agent qui, dans la levure chinoise, transforme l'amidon du riz en alcool, CALMETTE a délayé un peu de cette matière avec de l'eau stérilisée et il a ensemencé quelques gouttes de la dilution dans un moût de bière gélatinisé ; parmi les colonies de moisissures développées dans ces cultures, les quatre cinquièmes étaient toujours constitués par une espèce spéciale, qui était précisément l'*Amylomyces Rouxii*. C'est la seule espèce qui se retrouve toujours et en proportion prédominante dans la levure chinoise ; les autres organismes variaient en quantité et en qualité avec chaque échantillon examiné et, tandis que leur présence semblait être purement accidentelle, celle de l'*Amylomyces* était si constante que CALMETTE a été naturellement conduit à lui rechercher une origine également constante, qu'il a trouvée dans la balle de riz, dont sont incrustés les pains de levure chinoise ; il a, en effet, constaté qu'on pouvait obtenir d'emblée des cultures pures de la moisissure en ensemençant dans le moût gélatinisé de l'eau stérilisée ayant servi au lavage des grains.

Afin de caractériser l'*Amylomyces*, une fois son origine reconnue, il a fallu étudier l'aspect de ses cultures et ensuite déterminer son rôle en soumettant à un examen minutieux ses propriétés physiologiques.

Les milieux de prédilection de l'*Amylomyces Rouxii* sont, dit CALMETTE, le moût de bière liquide ou solidifié par la gélatine ou l'agar-agar, et surtout les matières amylacées cuites à la vapeur. Noyée dans le moût de bière, la moisissure se développe en masses floconneuses et produit une petite quantité d'alcool (2,4 p. 100 en six jours). Si on la laisse se développer seulement en surface, elle brûle directement le sucre du moût sans produire d'alcool. Sur le riz cuit ou les fécules hydratées par la chaleur humide, elle étale un mycélium aérien et transforme partiellement en sucre la couche d'amidon sous-jacente, mais le sucre formé est aussitôt utilisé pour l'alimentation de la moisissure, tant qu'elle continue à s'accroître au contact de l'air. Si au contraire on l'oblige à se développer en profondeur dans la substance amylacée, à l'abri de l'air, elle hydrate l'amidon avec une grande énergie et produit de la dextrine et du sucre fermentescible. Parmi les organismes isolés par CALMETTE sur le moût gélatiné, l'*Amylomyces* est le seul qui

possède à un si haut degré le pouvoir de saccharifier l'amidon ; c'est donc à cette moisissure que l'on doit attribuer le principal rôle dans l'action complexe qu'exerce la levure chinoise sur le riz cuit.

L'étude du développement de l'*Amylomyces* peut être faite avec facilité, soit par ensemencement en gouttes suspendues dans du moût de bière, soit par emprisonnement d'un rameau de mycélium dans de l'agar-agar glucosé, en chambre humide.

Au contact de l'air, sur les bords de la gouttelette suspendue,

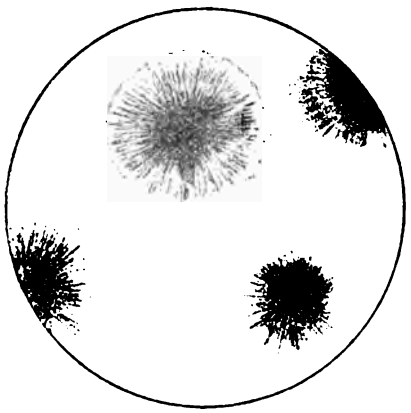


Fig. 94. — Colonies d'Amylomyces Rouxii sur moût gélatinisé.

le tube mycélien s'allonge peu ; il se divise bientôt en cloisons transversales au niveau desquelles le protoplasma, très réfringent, s'amasse pour former des conidies. Au début, celles-ci ont une forme cubique, puis elles s'arrondissent, mais ne s'isolent pas du rameau qui leur a donné naissance et se prolonge au-dessus d'elles pour former un peu plus loin une ou plusieurs autres conidies semblables. Dans les cultures profondes en moût gélatiné, partout où le mycélium échappe au contact direct de l'air, il s'accroît par bourgeonnement direct, étalant en tous sens ses ramifications tubuleuses, dans l'intérieur desquelles on peut facilement suivre (à un grossissement de 250 diamètres) la progression du protoplasma, mais il n'apparaît aucune conidie. Noyé dans un liquide renfermant du sucre, de la dextrine ou de l'amidon, l'*Amylomyces* ne se développe qu'en mycélium rameux, sans donner des cel-

lules ovales ou sphériques en forme de levure, comme le *Mucor racemosus* ou le *Mucor alternans*.

Les divers aspects de culture de l'*Amylomyces Rouxii* sont

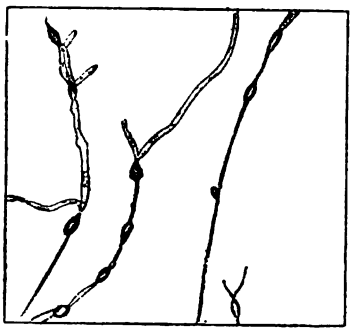


Fig. 95. — Amylomyces Rouxii ; culture aérobie.

représentés par les figures 94, 95 et 96. La figure 94 donne l'aspect de colonies sur moût gélatiné ; la figure 95 montre la formation des conidies mycéliennes dans la culture aérobie, enfin la figure 96

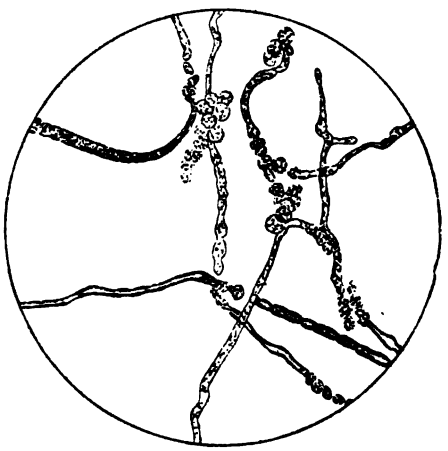


Fig. 96. — Amylomyces Rouxii ; culture anaérobie.

représente le mode de segmentation en gemmes du mycélium dans la culture anaérobie ou en profondeur dans les milieux liquides.

L'*Amylomyces Rouxii* doit ses propriétés saccharifiantes à la sécrétion d'une diastase analogue à l'amylase du malt et que Calmette a isolée des cultures de la mucédinée.

Dans l'important mémoire de CALMETTE qui vient d'être résumé, on trouve, dit FERNBACH, l'explication de la faiblesse du rendement en alcool obtenu par les distillateurs chinois, dont le travail est imparfait et dont la levure, par suite de son mode de préparation, apporte en outre de nombreux organismes inutiles ou nuisibles (voy. la note de la page 367). En effet, CALMETTE, opérant dans des conditions de pureté absolue avec l'*Amylomyces* et une levure de *pale ale* sur 1 kilogramme de riz, est arrivé à un rendement de 49,9 p. 100 d'amidon. Cette expérience devait être le point de départ du procédé imaginé par COLLETTE et BOIDIN ; mais, avant de décrire ce procédé, il est nécessaire de faire suivre ces considérations préliminaires, déjà longues, mais indispensables, de quelques notions également importantes, car jusqu'ici, comme le fait remarquer FERNBACH, nous n'avons vu qu'exceptionnellement l'*Amylomyces* jouer le rôle de ferment alcoolique ; il s'est, en effet, trouvé dans la levure chinoise, de même que, dans l'expérience de CALMETTE mentionnée en dernier lieu, associé à la levure et jusqu'ici c'est surtout de son pouvoir saccharifiant dont il a été question.

BOIDIN et ROLANTS ont constaté en 1897 qu'il était possible de cultiver l'*Amylomyces* dans les vinasses de distillerie, montrant ainsi le parti qu'on peut tirer de ces résidus par la transformation en alcool des dernières traces de dextrines qu'ils contiennent. Leurs expériences ont été faites en grand avec des cuves stérilisables dans la distillerie de A. COLLETTE, à Seclin (Nord), et ils ont retiré, avec une dépense relativement faible, d'une cuve de 300 hectolitres de vinasse, 300 litres d'alcool à 90° [1].

L'emploi de l'*Amylomyces* pour la fermentation des vinasses a permis de déterminer exactement les conditions et les exigences de la culture en grand de cette moisissure, ainsi que la manière d'opérer pour obtenir un rendement alcoolique aussi grand que possible. Il a en même temps permis de résoudre la difficulté

[1] A la même époque, SANGUINETTI (*Annales de l'Institut Pasteur*, mars 1897) s'est livré à une étude comparative de l'*Amylomyces Rouxii* et de l'*Aspergillus orizæ* et il a constaté que dans les moûts de grains, l'*Amylomyces* donne le plus d'alcool avec le minimum de perte, tandis que l'*Aspergillus* épuise presque complètement le milieu de culture, en détruisant même l'alcool formé. Avec les vinasses et l'*Amylomyces Rouxii*, SANGUINETTI est arrivé aux mêmes résultats que BOIDIN et ROLANTS.

mécanique résultant de la nécessité de la stérilisation parfaite d'un volume de liquide de 300 htl., de façon à éviter le développement dans sa masse de germes étrangers.

Mucor β. — Comme nous l'avons dit précédemment (p. 366), on ne peut avec l'*Amylomyces Rouxii* faire fermenter complètement que des moûts clairs, marquant seulement 7 à 8° Balling, et il n'est possible, par suite, d'obtenir que des vins avec 4 à 4,5 p. 100 d'alcool. C'est à cause de ce grave inconvénient que Collette et Boidin ont cherché à supprimer le travail à moûts clairs et à remplacer l'*Amylomyces* par une autre mucédinée, isolée par eux du kôji japonais, mais qui, par son aspect et ses propriétés, est complètement différente de l'*Aspergillus* ou *Eurotium orizæ* mentionné précédemment (voy. p. 365, et la note 2 de la page 366) et à laquelle ils ont donné le nom de *Mucor* β. Cette moisissure permet de travailler avec des moûts à 16-17° Balling, qui après fermentation renferment 8 à 9 p. 100 d'alcool.

Cette différence d'action des deux mucédinées tient, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à ce que l'*Amylomyces* forme beaucoup plus d'acide que le *Mucor* β, ce qui gêne son action ultérieure sur l'amidon et les dextrines.

Les quantités d'acide produites par l'*Amylomyces* dans un moût fermenté, contenant 4 à 4,5 p. 100 d'alcool, sont égales à 1,40-1,50 gr. par litre, tandis que le *Mucor* β, dans un moût avec une richesse alcoolique de 8 à 9 p. 100, elles ne s'élèvent qu'à 0,70-0,80 gr. par litre, en supposant dans l'un et l'autre cas une acidité initiale de 0,20 à 0,30 gr. par litre[1].

Le *Mucor* β ayant des tubes qui ne se sectionnent pas comme ceux de l'*Amylomyces*, il faut pour l'employer ensemencer ses spores, et, de cette façon, on peut obtenir sous un poids très faible un nombre considérable de petites plantes pour envahir rapidement le moût. Il est représenté par les figures 97 et 98. La figure 97 montre les tiges du *Mucor* β avec leur sporange (vie aérobie du mucor) et la figure 98 le mycélium (vie anaérobie du mucor) avec des spores à différents degrés de développement.

[1] Communication verbale de M. Mousain, chimiste de la Société *Amylo*.

Cette mucédinée doit être utilisée exactement comme l'*Amylomyces Rouxii*. L'usine de Seclin et un grand nombre d'autres distil-

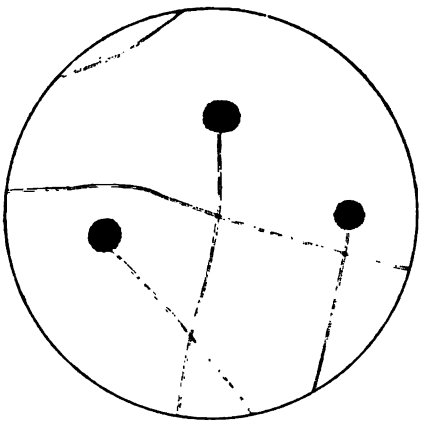


Fig. 97. — Mucor β (vie aérobie) ; tiges avec leur sporange. $\frac{100}{1}$.

leries, par exemple celle de Melle (Deux-Sèvres), fonctionnent actuellement avec le *Mucor* β. A Seclin, on opère sur des moûts

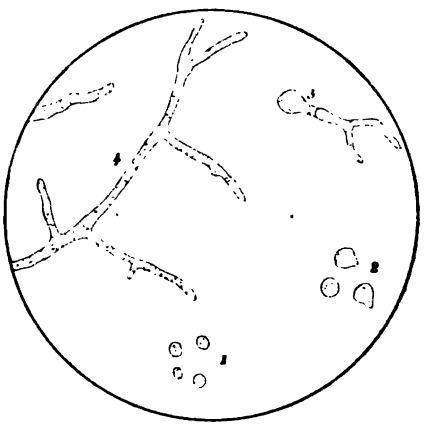


Fig. 98. — Mucor β ; 1, spores répandues dans le liquide ; 2, spores gonflées prêtes à germer ; 3, spores germées ; 4, mycélium (vie anaérobie). $\frac{600}{1}$.

à 18 kg. de grains par hectolitre, et on peut travailler, comme cela a eu lieu à Huy, près Anvers, avec des moûts à 25 kg.

Collette et Boidin ont également isolé dans ces derniers temps une autre mucédinée intéressante, qu'ils ont appelée *Mucor* γ ; ils

l'ont rencontrée sur un échantillon de riz provenant du Tonkin. Cette moisissure qui offre beaucoup de ressemblance avec le *Mucor* β, donne des atténuations de 1/10 à 2/10 de degré Balling plus fortes que le β ; elle ne produit qu'une acidité de 0,70 gr. par litre en fin de fermentation dans des moûts à 18 kg. par hectolitre ; elle pourrait être utilisée pour augmenter les rendements.

Enfin, Collette et Boidin ont tout récemment constaté que l'on peut employer aussi le *Mucor racemosus*.

II. — Procédé Collette et Boidin, dit procédé Amylo.

C'est, comme nous l'avons déjà dit, par les résultats qu'ils ont obtenus avec les vinasses (voy. p. 371), que Collette et Boidin ont été conduits à l'idée d'utiliser sur une échelle encore plus grande les énergiques propriétés saccharifiantes et fermentatives de l'*Amyloces Rouxii*. Ils ont donc songé à employer cette moisissure, qu'ils ont plus tard remplacée par le *Mucor* β pour les raisons que nous avons indiquées (p. 372), afin de produire à la fois, au sein d'un moût stérilisé, dans un vase clos et, par suite, à l'abri des germes étrangers, la saccharification et la transformation en alcool des matières amylacées ; ces opérations sont ainsi considérablement simplifiées et acquièrent en même temps une sécurité complète, alors que la conversion en sucre de ces matières par les procédés usités jusqu'à ce jour n'est pas sans présenter certaines complications et que la fermentation subséquente en cuve ouverte est elle-même sujette à de nombreux aléas.

Avant de décrire les différentes opérations que comporte le procédé qui nous occupe, il est nécessaire d'entrer encore dans quelques considérations, qui serviront à mieux faire comprendre le procédé et surtout à mettre dès maintenant en évidence quelques-uns des avantages qu'il présente.

Quel que soit le mode opératoire que l'on suive pour la saccharification des matières amylacées au moyen du malt, il est impossible de transformer tout leur amidon en sucre (maltose) ; il résulte de là que le moût renferme toujours des quantités plus ou moins grandes de dextrines, non directement fermentescibles, et

que, par suite, la levure ne peut convertir en alcool que si le moût renferme encore de la diastase (amylase). Mais ce dernier ne peut être bouilli sans que la diastase soit complètement détruite et, comme on vient de le dire, il faut que cette diastase soit conservée intacte, si l'on ne veut pas perdre les dextrines et par suite de l'alcool. D'un autre côté, ce n'est que par l'ébullition qu'il est possible d'anéantir les nombreux germes étrangers introduits dans le moût par le malt et par l'eau, et, malgré tous les moyens qu'il emploie, le distillateur est impuissant à en empêcher l'altération plus ou moins profonde des moûts par des organismes ennemis de la fermentation, surtout vers la fin de cette dernière.

Ces graves inconvénients disparaissent avec le procédé COLLETTE et BOIDIN, qui permet la stérilisation du moût, car il n'est pas besoin que ce dernier renferme de l'amylase, puisque la moisissure employée dans ce procédé en sécrète, et comme en outre elle saccharifie énergiquement l'amidon soluble, il suffit, avant de soumettre le grain à son action, que l'amidon de ce dernier soit solubilisé, la moisissure se chargeant alors d'achever le travail. Il suit de là que la quantité de malt à employer se trouve réduite à la proportion juste suffisante pour cette solubilisation.

Le procédé COLLETTE et BOIDIN, habituellement désigné simplement sous le nom *procédé Amylo*, comprend les opérations suivantes : la préparation du moût et sa stérilisation, l'ensemencement du moût stérilisé et sa fermentation, auxquelles il faut ajouter le contrôle chimique et bactériologique du travail.

a. Préparation et stérilisation du moût.

Le maïs, le riz et les autres grains ainsi que les pommes de terre peuvent être traités par ce procédé; nous supposons ici qu'il s'agit du traitement du *maïs*, tel qu'il est pratiqué dans la distillerie de Melle (Deux-Sèvres).

Le maïs, préalablement nettoyé et concassé dans des appareils spéciaux, est déversé dans un malaxeur où, au moyen d'un agitateur, il est mélangé avec de l'eau et ensuite écoulé dans un cuiseur cylindrique horizontal analogue à l'appareil de WAREIN et DEFRANCE (voy. p. 195), dans lequel il est cuit sous une pression

élevée progressivement jusqu'à 3 1/2 à 4 atmosphères. (A Seclin, le maïs est cuit en grains entiers dans un appareil de Henze.) La cuisson étant achevée, la masse est refoulée dans une *cuve-matière de* Pampe.

Cet appareil, qui est représenté par la figure 99, consiste en

Fig. 99. — Cuve-matière de Pampe.

une cuve cylindrique en cuivre B, close, au milieu de laquelle se trouve un tuyau en fonte C, de 185 mm. de diamètre intérieur, élargi inférieurement en forme de poire et évasé à son extrémité supérieure. A travers ce tuyau passe un arbre vertical *b;* sur ses orifices supérieur et inférieur sont établies des turbines, fixées sur l'arbre et dont l'inférieur aspire le moût et le force à monter dans le tuyau, à l'extrémité supérieure duquel l'autre turbine l'aspire

pour le projeter contre les parois de la cuve; ces turbines font 160 à 180 tours par minute.

La masse sortant du cuiseur est refoulée dans la cuve-matière par le tuyau A, d'où elle tombe dans un broyeur, qui la déverse sur un disque rotatif en acier, fixé sur l'arbre *b;* ce disque la projette contre les parois de la cuve, par lesquelles elle est renvoyée dans le milieu de l'appareil, où elle rencontre la masse qui s'y trouve déjà. Il se produit ainsi un mélange parfait et une agitation énergique de toute la masse.

Afin de refroidir le contenu de la cuve, les parois extérieures de celle-ci sont arrosées continuellement au moyen de filets d'eau sortant d'un tuyau circulaire *t*, adapté un peu au-dessous du couvercle de l'appareil. Celui-ci est en outre pourvu d'un exhausteur H, mais qui ne se trouve pas dans le tuyau de chargement de la masse cuite, en sorte qu'il ne peut pas être sali par celle-ci. La trémie D sert pour le chargement du malt, qui tombe également sur le disque distributeur, d'où il s'échappe pour venir se mélanger avec la masse cuite. Dans les appareils de Pampe qui sont construits spécialement pour le procédé Collette et Boidin, cette trémie est supprimée et le malt est amené dans la cuve-matière à l'aide d'un tuyau débouchant à côté de celui par lequel pénètre la masse cuite.

Dans cette cuve, où l'on a fait préalablement arriver une quantité d'eau variable avec la concentration que l'on veut donner au moût, la masse cuite est mélangée avec du malt réduit en lait à l'aide d'un appareil particulier. La quantité de malt vert employée, évaluée en malt sec, n'a pas besoin d'être supérieure à 1 ou 2 p. 100 du poids du maïs, parce que, comme nous l'avons dit plus haut, l'addition du malt a uniquement pour but de fluidifier l'amidon et de rendre plus rapide l'action saccharifiante de la mucédinée.

La température finale du mélange ne doit pas dépasser 70°. La fluidification étant achevée — au bout d'une heure environ — la masse est envoyée dans un autoclave horizontal (stérilisateur), où, afin de la *stériliser*, elle est chauffée pendant vingt minutes, sous pression d'environ une atmosphère et demie (cette stérilisation est quelquefois produite, comme cela a lieu à Anvers, par exemple, par ébullition dans la cuve-matière elle-même) et en sortant du stérilisateur le moût est refoulé dans la cuve de fermentation.

b. Ensemencement et fermentation du moût.

Les *cuves*, où ont lieu l'ensemencement de la moisissure dans le moût et la fermentation de ce dernier, sont en nombre variable

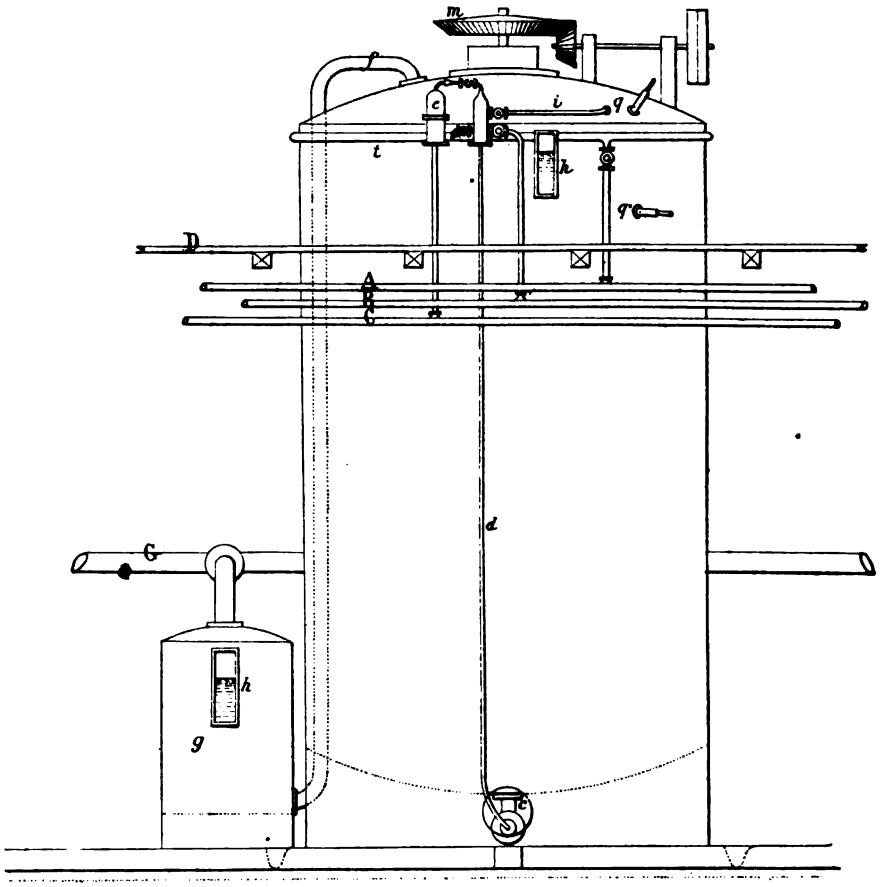


Fig. 100. — Cuve de fermentation du procédé Collette et Boidin ; élévation.

suivant l'importance de l'usine (5 à 6) ; elles ont chacune 6 m. de hauteur et 1 000 htl. de capacité ; elles sont aseptiques et absolument closes, de sorte qu'on peut y pratiquer les opérations de l'ensemencement et de la culture de la mucédinée avec la même sécurité que dans un ballon Pasteur.

Une de ces cuves est représentée par les figures 100 à 102, et

la figure 103 montre une vue d'ensemble d'une série de cinq cuves (distillerie de Seclin).

Chaque cuve communique par un tuyau *a*, s'ouvrant dans son dôme, avec le stérilisateur. Elle est pourvue, à sa partie inférieure, d'un tuyau de sortie *c* pour le moût, et à sa partie supérieure d'un autre tube *f* pour le dégagement de l'acide carbonique ; ce dernier tube vient s'ouvrir dans une cuve cylindrique *g* de 4 htl. environ,

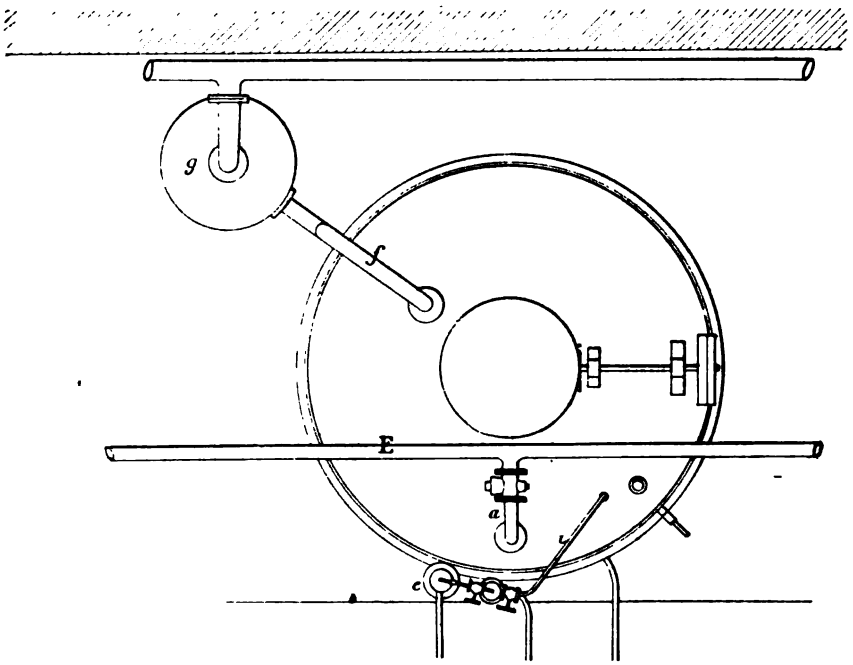


Fig. 101. — Cuve de fermentation du procédé Collette et Boidin ; vue supérieure.

contenant de l'eau dans laquelle barbote l'acide carbonique avant de s'échapper à l'extérieur par la conduite commune G. Un trou d'homme établi à la partie inférieure de la cuve (voy. fig. 103) permet de la nettoyer facilement, lorsqu'elle est vide. Un regard vitré *h* permet d'observer le niveau du liquide.

Intérieurement, la cuve est pourvue d'un agitateur *n*, dont l'arbre passe dans un presse-étoupe *p*, disposé de telle sorte que toute entrée d'air extérieur impur soit rendue impossible ; *m* est un engrenage conique donnant le mouvement à l'agitateur et *o*, *o* sont des

traverses destinées à maintenir l'arbre de ce dernier. Un thermomètre indique la température intérieure; deux orifices q et q' ménagés l'un sur le dôme, l'autre latéralement, permettent d'ensemencer le moût et d'en prélever des échantillons; sur ces deux

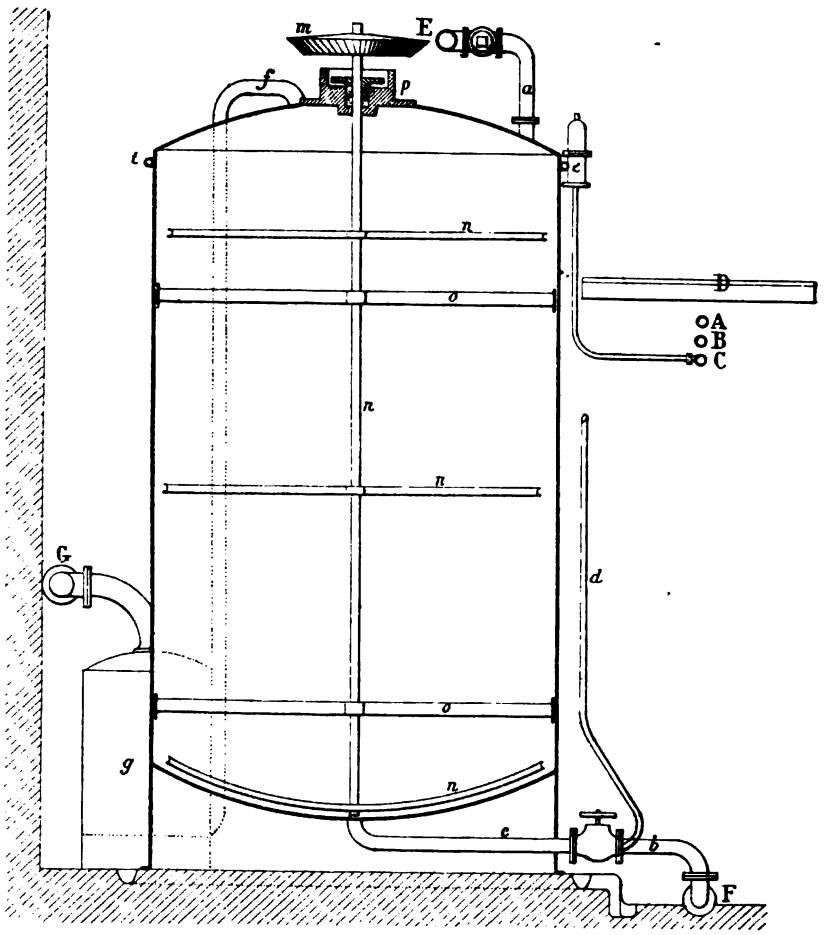


Fig. 102. — Cuve de fermentation du procédé Collette et Boidin; coupe verticale.

orifices sont adaptés des tubes en caoutchouc épais, fermés par des bouchons en bois dont la moitié inférieure est recouverte d'une lame de cuivre. La cuve est en outre munie d'un tuyau d, permettant d'injecter dans le moût de l'air ou de la vapeur et d'un autre tuyau i pour envoyer de l'air à la surface du moût; l'air introduit dans la cuve est débarrassé préalablement de tous les germes qu'il

peut contenir au moyen d'un filtre à coton stérile *e*. *b* est un

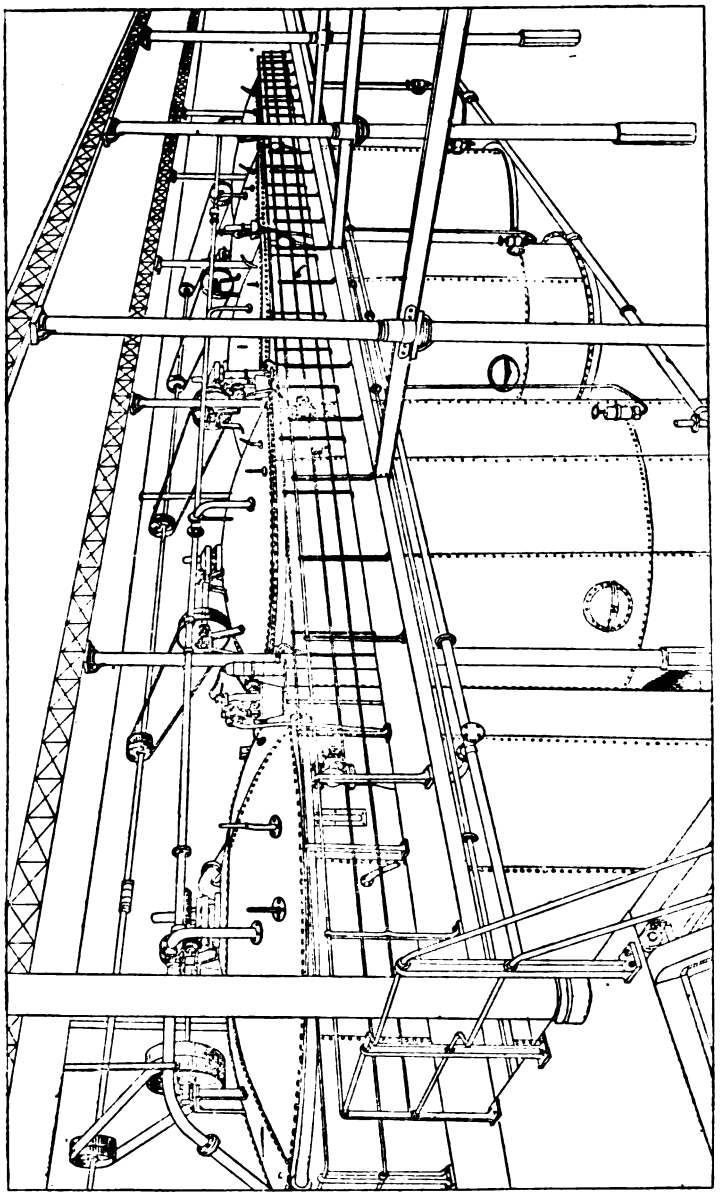


Fig. 103. — Cuves de fermentation du procédé Collette et Boidin ; vue d'ensemble d'une série de cinq.

tuyau de raccord démontable pour vider la cuve ; *t*, est un tube perforé, à l'aide duquel on fait ruisseler sur les parois de la cuve,

lorsqu'il s'agit de refroidir celle-ci, de l'eau amenée par le tuyau A. Ce dernier, de même que B, C, E, F et G sont des tuyaux communs à une série de cuves : B amène de la vapeur, C de l'air comprimé et E le moût sortant du stérilisateur (la cuve est mise en communication avec E, pendant le chargement, au moyen du raccord *a*) ; F reçoit le moût fermenté lors de la vidange de la cuve par le tuyau *c* ; G est un tuyau collecteur pour l'évacuation de l'acide carbonique ; D est une passerelle pour le service des cuves.

C'est sous l'influence de la pression qui règne dans le stérilisateur que le moût, débarrassé des germes qu'il pouvait contenir monte dans la cuve de fermentation, qui doit par suite être remplie par charges successives. Mais il faut naturellement que ce moût stérilisé arrive dans une cuve stérile. Voici comment on procède à la *stérilisation de la cuve :*

Les premières charges de moût stérile et chaud que la cuve doit recevoir ont été préalablement, avant la stérilisation, additionnées d'une certaine quantité d'acide sulfurique ou chlorhydrique. Aussitôt après l'introduction de la première charge, on injecte dans la cuve un courant de vapeur, de façon à maintenir le liquide en ébullition lente, que l'on continue sans interruption, jusqu'à ce que le vase soit complètement rempli.

Pendant l'ébullition des premières charges, la vapeur condensée sur les parois de la cuve entraîne avec elle les germes qui pouvaient y adhérer et les amène au contact du liquide acide bouillant, par lequel ils sont anéantis. En outre, la vapeur qui se dégage lentement par l'orifice *q* (fig. 100), laissé provisoirement ouvert s'oppose, jusqu'à ce que le remplissage de celle-ci soit achevé, à toute entrée de germes provenant de l'air extérieur.

La formation de la diastase saccharifiante par la mucédinée étant gênée lorsque celle-ci se trouve dans un milieu acide, il est absolument indispensable de neutraliser à peu près exactement l'acide contenu dans les premières charges. (A Seclin, où l'on a affaire à des eaux calcaires, l'acide ajouté aux premières charges, d'ailleurs en proportions minimes, est naturellement neutralisé par la chaux apportée par les charges suivantes.)

La cuve étant pleine de moût en ébullition, on la ferme complètement, on arrête l'injection de la vapeur, à la place de laquelle on

introduit de l'air stérilisé ; ce dernier est destiné à combler le vide produit par la condensation de la vapeur et à maintenir un léger excès de pression à l'intérieur de l'appareil. On procède alors au refroidissement du moût, et dans ce but on fait ruisseler sur les parois de la cuve de l'eau amenée par le tuyau perforé *t*, dont il a été question précédemment. Par suite du refroidissement résultant de la différence de température entre l'eau de réfrigération et la cuve et, aussi, surtout au début, de l'évaporation dont cette immense nappe d'eau est le siège, il ne faut pas plus de cinq heures pour abaisser à 38° la température des 1 000 htl. de moût contenus dans la cuve, lesquels renferment les produits de la transformation de 18 000 à 20 000 kg. de maïs.

La température de 38° ainsi obtenue étant la plus favorable au développement de la *mucédinée saccharifiante*, on procède alors à l'*ensemencement* de celle-ci.

Cet ensemencement se pratique par l'orifice *q*, avec tube en caoutchouc qui se trouve sur le dôme de la cuve, en employant les mêmes précautions d'asepsie que dans le laboratoire pour toute opération analogue. On ensemence une culture pure de la moisissure faite sur 100 gr. environ de riz cuit couvrant le fond d'un ballon Pasteur et que l'on a mise en suspension dans 100 à 250 gr. de moût stérilisé. Les spores se trouvent dans ce liquide en quantité innombrable, mais c'est à peine si elles forment le poids d'un décigramme.

L'ensemencement étant achevé, on met l'agitateur en mouvement, afin de rendre la température uniforme dans toute la masse, et aussi, ce qui a une très grande importance, d'empêcher le mycélium de la moisissure de produire un feutrage à la surface du liquide, parce que le développement superficiel au contact de l'air contenu dans la cuve aurait pour conséquence, d'après ce qui a été dit précédemment (p. 368), de permettre à la mucédinée d'exercer ses propriétés comburantes et donnerait par suite lieu à des pertes d'amidon et conséquemment d'alcool.

Vingt-quatre heures après l'ensemencement, la masse du moût est remplie de longs filaments mycéliens, de sorte qu'à l'examen microscopique, il est impossible de découvrir un seul champ qui ne renferme pas plusieurs filaments. Le travail de la saccharification

est alors commencé, et la réaction de l'iode, qui sert, comme nous le verrons bientôt, pour le contrôle de l'opération, s'affaiblit de plus en plus et finit par disparaître tout à fait.

La fermentation alcoolique du sucre formé commence sous l'influence de l'enzyme sécrété par la mucédinée ; mais, comme avec celle-ci, la transformation du sucre en alcool est extrêmement lente et qu'en outre, il y a avantage à ce qu'elle marche rapidement, on refroidit la cuve jusqu'à 33°, puis on y ensemence, avec les précautions ordinaires, 500 cm^3 d'une culture de levure pure dans du moût stérilisé, correspondant à 3 ou 4 gr. de levure pressée. Afin de faciliter la propagation de la levure, on injecte pendant un certain temps de l'air stérilisé et on laisse agir simultanément les deux organismes, la mucédinée et la levure, qui produisent, en quatre-vingt-seize à cent heures, la fermentation complète du sucre. Celle-ci étant achevée, le liquide est soumis à la distillation.

c. Contrôle chimique et bactériologique du travail.

Si l'on examine au moyen de la *teinture d'iode* (voy. Chap. XI), la coloration donnée par le moût aux différentes phases du travail, on constate qu'avant l'ensemencement de la moisissure, ce liquide renferme encore en dissolution et en suspension une quantité d'amidon considérable. On en trouve encore une forte proportion au moment de l'introduction de la levure. Il va ensuite en diminuant de plus en plus, puis à la fin de la fermentation on n'obtient plus avec l'iode aucune coloration et au microscope on ne trouve plus de traces d'amidon ; les drèches ne donnent pas non plus, à ce moment, la réaction de l'iode.

En même temps, le sucre réducteur, dont la proportion a été en augmentant pendant la première période de la fermentation, alors que la levure n'était pas encore complètement développée, diminue rapidement, comme il est facile de s'en assurer par des dosages répétés à l'aide de la liqueur de Fehling, et deux jours après l'ensemencement de la levure, il a complètement disparu.

Relativement au *contrôle bactériologique*, qui est absolument indispensable pour être certain d'obtenir une culture rigoureuse-

ment pure, il faut, après avoir stérilisé le liquide de culture, s'assurer qu'il est réellement stérile, en en exposant une portion à une température favorable à son altération ; dans ce but, on retire de chaque cuve, après stérilisation, une petite portion du moût que l'on recueille dans des tubes stériles, qui sont ensuite placés dans une étuve ; le contenu de ces tubes doit rester inaltéré. Lorsqu'on s'est assuré que le liquide de culture est réellement stérile, il faut aussi acquérir la certitude que la semence qu'on va y introduire, provient d'une culture pure. Ce contrôle est effectué au moyen du microscope, à l'aide duquel on examine chaque semence et les produits de sa culture dans un moût stérile. Suivant FERNBACH, ces examens, avec une fabrication de 100 hectolitres par jour, ne demanderaient que dix minutes.

Avantages du procédé. — On voit, d'après la description qui précède, que les quantités de malt et de levure à employer pour le travail des matières amylacées par le procédé COLLETTE et BOIDIN, sont réduites à des proportions minimes, et qu'en outre, comme on l'a déjà dit précédemment, ce procédé permet de réaliser une stérilisation absolue du moût, sans que l'on ait à craindre d'agir d'une manière fâcheuse sur l'agent de saccharification (voy. p. 375).

Mais ce ne sont pas là les seuls avantages de la nouvelle méthode ; on en trouve encore d'autres dans les résultats qu'elle fournit, tant au point de vue du rendement en alcool que relativement à la qualité de ce dernier.

Le *rendement alcoolique* est plus élevé qu'avec les procédés ordinaires. On a, en effet, trouvé, à Seclin, comme chiffres extrêmes, des quantités d'alcool données par neuf cuves, 36,43 litres et 37,43 litres d'alcool pur pour 100 kgr. de maïs employés ; ce dernier contenait 57,13 p. 100 d'amidon. L'une de ces cuves ayant été soumise à un contrôle précis, on a constaté un rendement de 37,81 p. 100, soit 97,5 du rendement théorique maximum.

Pour ce qui concerne la *qualité de l'alcool*, il est certain que la quantité de bon goût contenu dans les flegmes, est sensiblement accrue, et qu'il y a, en conséquence, une diminution des moyens et mauvais goûts. C'est ce que montrent les chiffres sui-

vants, qui se rapportent à des flegmes provenant de la fabrication ordinaire et du travail *amylo*.

De 100 litres de flegmes on a retiré à la rectification :

	Ancien procédé. Litres.	Procédé amylo. Litres.
Bon goût	72,98	79,62
Moyen goût	20,29	14,76
Mauvais goût	3,88	2,91
	97,15	97,29
Pertes	2,85	2,71

Enfin, Boidin signale encore un autre avantage du procédé en question, qui n'est pas non plus sans importance. La filtration des drèches dans les distilleries de grains présente, comme on le sait, de grandes difficultés. Outre qu'il existe constamment dans ces résidus des dextrines non fermentées, la levure forme avec l'enveloppe des grains une masse visqueuse qui obtrue rapidement les orifices des filtres-presses et ne laisse couler qu'un liquide trouble. Avec l'emploi des mucédinées, il n'en est plus du tout ainsi ; il y a relativement très peu de levure, les moûts ne renferment plus de dextrines et les filaments mycéliens des moisissures qui enveloppent comme un réseau les cellules de levure semblent avoir une influence favorable sur la filtration. Dans tous les cas, les drèches se laissent presser sans difficulté aucune ; les tourteaux qu'elles fournissent renferment 70 à 72 p. 100 d'humidité.

Relativement à l'utilisation de ces résidus, voy. Chapitre X.

Le procédé amylo est actuellement employé en France à Seclin et à Alleunes-les-Marais, près Lille, à Wallers, à Saint-Amand et à Bruay (Nord), à Courrières (Pas-de-Calais), à Rouen, à Besançon, à Melle (distilleries des Deux-Sèvres), à Marseille et au Pouzin (Ardèche). En Belgique, plusieurs distilleries, notamment à Anvers, à Wyneghmen, près Anvers, et à Huy (province de Liège), ont adopté le nouveau procédé, qui est également pratiqué à Valence, en Espagne, et à Hanoï, au Tonkin (distillerie Fontaine).

Comme on le voit d'après l'exposé qui précède, le procédé imaginé par Collette et Boidin repose sur des principes rigoureusement

scientifiques, et, d'après les résultats qu'il a déjà donnés, il est appelé à produire une véritable révolution dans l'industrie de la distillation des matières amylacées. Au point de vue de la disposition des appareils, qui sont conçus de façon que la transformation de l'amidon ait lieu dans un milieu absolument aseptique, il présente une grande analogie avec une méthode de préparation de la bière proposée par PASTEUR il y a déjà longtemps ; peut-on d'ailleurs s'empêcher de nommer cet illustre savant toutes les fois qu'il s'agit de mettre à profit l'activité biologique de certains microorganismes ou de s'opposer au développement de ceux de ces infiniment petits qui n'exercent au contraire qu'une action nuisible.

CHAPITRE VIII

DISTILLATION ET APPAREILS DISTILLATOIRES

I. — Généralités.

Le moût fermenté représente un mélange de corps *gazéiformes*, *liquides* et *solides*.

Au nombre des corps gazéiformes se trouve l'*acide carbonique* qui s'est formé pendant la fermentation des moûts, est passé en majeure partie dans l'air et dont une faible portion est restée en dissolution dans le moût fermenté.

Parmi les substances liquides du moût fermenté, nous devons tout d'abord citer l'*eau*, qui forme la majeure partie des éléments liquides. Après l'eau, vient l'*alcool*, qui existe en proportions variables, suivant la concentration du moût sucré et son degré de fermentation. Comme produits des fermentations secondaires, nous trouvons en outre en petites quantités les acides lactique, acétique et succinique, de la glycérine, des huiles odorantes ou essences (fousel) et de l'aldéhyde.

Des corps solides, les uns sont dissous dans l'eau que renferme le moût fermenté, comme, par exemple, le *sucre* (*maltose* ou *dextrose* suivant la nature du moût) et les dextrines non fermentées, ainsi que certains *sels* et *corps albuminoïdes* de l'extrait de moût, tandis que les autres ne sont qu'en suspension dans le moût et constituent les *drèches*[1], formées de *fibres végétales*, qui, avec les *cellules de levure*, représentent les éléments insolubles des moûts mûrs.

Au point de vue de la distillation, les éléments des moûts fermentés se divisent en deux groupes : en corps *volatils* et en corps

[1] [Ces éléments, de même que les dextrines, n'existent que dans les moûts préparés avec les matières amylacées.]

non volatils. La séparation de ces deux groupes est effectuée par distillation, opération dans laquelle les éléments volatils du moût sont réduits en vapeurs par chauffage de ce dernier, et celles-ci condensées par refroidissement.

Les deux groupes des substances volatiles et des substances non volatiles se composent des corps suivants :

Eléments volatils . . .	Eau. Alcool éthylique et termes supérieurs de la série de l'alcool éthylique. Aldéhyde. Huiles odorantes (fousel). Acide carbonique. Acides gras.
Eléments non volatils.	Extrait de moût. Levure. Drèche (avec les moûts de matières amylacées).

Relativement aux propriétés physiques des corps les plus importants des éléments volatils, nous donnerons les indications suivantes :

Alcool éthylique. — Point d'ébullition : 78°,75 ; poids spécifique : 0,795. Il est miscible à l'eau en toutes proportions, ainsi qu'avec toutes les substances formées pendant la fermentation.

Alcool propylique. — Point d'ébullition : 98° environ ; poids spécifique : 0,803.

Alcool amylique. — Point d'ébullition : 132°,50 ; poids spécifique : 0,825. Il se dissout difficilement dans l'eau, facilement dans l'alcool. Contrairement à ce qui a lieu pour les deux alcools précédents, il offre une saveur et une odeur désagréables. L'alcool amylique forme la majeure partie des huiles odorantes ou fousel des moûts de pommes de terre et de grains.

Aldéhyde acétique. — Point d'ébullition : 21°,25 ; poids spécifique 0,801. Elle est facilement soluble dans l'eau et dans l'alcool ; elle a une odeur et une saveur piquantes extrêmement désagréables.

Acides gras volatils. — Acide acétique, point d'ébullition : 118°,75, et acide butyrique, point d'ébullition : 127°,50. Dans les conditions normales, on ne rencontre que l'acide acétique, et cela en proportions extrêmement faibles.

Des substances volatiles, l'*eau* est celle qui, on le comprend aisément, se trouve en plus grande quantité (point d'ébullition 100°) ; la proportion de l'alcool s'élève à 12, tout au plus à 13 p. 100 avec des moûts extrêmement épais et elle descend jusqu'à 5 et 6 p. 100, suivant la qualité des moûts.

Si l'on chauffe le moût fermenté, il se dégage d'abord l'acide carbonique et ensuite des vapeurs d'alcool, d'eau, d'acide acétique et d'huiles odorantes ; on peut donc de cette façon, comme on le voit, séparer les éléments non volatils des moûts des éléments volatils, qui peuvent se transformer en gaz ou en vapeurs. Si l'on effectue le chauffage dans un appareil permettant la condensation des vapeurs de l'alcool, de l'eau, de l'acide acétique et des huiles odorantes, on obtient un mélange de ces éléments volatils, un mélange d'alcool, d'eau, d'acide acétique et d'huiles odorantes. L'acide carbonique n'est pas condensé, il se perd et il n'offre aucune importance pour le cas qui nous occupe. On désigne sous le nom d'*appareils distillatoires* les appareils dans lesquels peut être effectué, comme il vient d'être dit, le chauffage du moût fermenté, et l'on appelle *distillation* l'opération de la séparation des éléments volatils d'avec les éléments non volatils. Le mélange des éléments volatils condensés constitue le *produit de la distillation* ou *distillatum*.

La distillation n'est donc en général rien autre chose que la transformation d'un liquide à l'état vaporiforme, combinée avec la condensation simultanée par refroidissement des vapeurs produites. A l'aide d'un dispositif convenable, la partie non volatile est séparée d'avec la portion volatile. Des corps volatils peuvent même être séparés les uns des autres, si seulement ils offrent un degré différent de volatilité, qui se manifeste par une différence du point d'ébullition (distillation fractionnée).

D'après cela, tout appareil distillatoire se compose essentiellement de deux parties : celle dans laquelle les substances volatiles sont par chauffage transformées en vapeurs et celle dans laquelle les

vapeurs sont condensées par refroidissement. La première partie, dans les grands appareils distillatoires, est appelée la *chaudière*, et la seconde *réfrigérant* ou *condenseur*. La figure 104 représente un appareil distillatoire simple. A est la chaudière en cuivre ; B est le *chapiteau*, également en cuivre ; il sert à fermer la chaudière et livre passage aux vapeurs se rendant dans un serpentin en cuivre, qui se trouve dans le vase C rempli d'eau froide.

Si le moût fermenté est chauffé à l'ébullition dans la chaudière, il s'en évapore, comme on l'a expliqué plus haut, de l'alcool, de l'eau, de l'acide acétique et des huiles odorantes ; les vapeurs passent dans

Fig. 104. — Appareil distillatoire simple.

le serpentin, s'y condensent en un liquide (*distillatum*), qui s'écoule de ce dernier et peut être recueilli dans un vase placé au-dessous de l'orifice d'écoulement du serpentin.

La volatilité différente des éléments volatils du moût fermenté, c'est-à-dire de l'alcool, de l'eau, etc., volatilité que nous avons indiquée plus haut par des chiffres exacts, fait que pendant la distillation ces éléments ne se vaporisent pas suivant la proportion dans laquelle ils sont contenus dans le moût. Les vapeurs qui au commencement de l'ébullition, c'est-à-dire au début de la distillation par exemple, se dégagent d'un moût contenant 7 volumes p. 100 d'alcool, ne renferment pas également 7 p. 100 d'alcool, mais beaucoup plus, soit 50 p. 100 environ, et elles fournissent par conséquent en se condensant un distillatum avec cette teneur en alcool, c'est-à-dire un produit qui est beaucoup plus riche en alcool que n'était le

moût. A cause de la plus grande volatilité de l'alcool, il se vaporise, notamment au début de la distillation, proportionnellement plus d'alcool que d'eau.

La proportion entre l'alcool et l'eau du moût est par suite naturellement modifiée par la distillation, le moût devient plus pauvre en alcool, et cela a pour conséquence une diminution de la teneur en alcool des vapeurs, par conséquent aussi du distillatum, car des liquides qui sont plus pauvres en alcool ne donnent pas des vapeurs aussi riches en alcool que ceux qui sont plus riches en ce dernier.

Pendant la distillation, la teneur en alcool du moût va donc toujours en diminuant et il en est de même pour celle du distillatum, tandis que le point d'ébullition du moût s'élève de plus en plus. Lorsque, par exemple, la teneur alcoolique du moût est descendue à 5 p. 100, celle des vapeurs qui s'en dégagent n'est que de 40 p. 100 environ ; lorsque cette teneur s'est abaissée à 2 p. 100, la vapeur ne renferme plus que 28 p. 100 environ d'alcool, et lorsqu'elle est réduite à 1 p. 100, il n'y a plus dans les vapeurs que 13 p. 100 environ d'alcool. Il distille donc proportionnellement de plus en plus d'eau avec l'alcool, à mesure que la teneur en alcool du moût diminue.

Mais si maintenant, lors de la distillation du moût, les vapeurs qui se dégagent sont toujours plus riches en alcool que le moût, il doit finalement arriver un moment où tout l'alcool a distillé, sans qu'en même temps toute l'eau ait passé à la distillation. En effet, lorsqu'on a distillé un tiers environ du poids du moût, tout l'alcool a distillé, et dans le moût qui reste il n'y a plus d'alcool ; ce reste de moût présente le point d'ébullition de l'eau. Si, comme dans le cas qui nous occupe, il s'agit de séparer l'alcool du moût, on interrompt naturellement la distillation, on cesse de distiller, lorsque l'alcoomètre marque zéro dans le distillatum. Si maintenant la richesse alcoolique du moût est égale à 7 p. 100, la teneur en alcool du distillatum s'élèvera naturellement à 21 p. 100, parce que la totalité de l'alcool du moût se trouve dans un liquide dont le volume n'est que le tiers de celui du moût. Le moût dépouillé d'alcool qui reste porte le nom de *vinasse*.

Telle est la manière dont se comporte à la distillation le moût

fermenté, contenant de l'alcool, et c'est sur elle que repose la possibilité d'obtenir avec un pareil moût un distillatum plus riche en alcool que le moût lui-même. Dans le cas que nous avons pris pour exemple il a été retiré d'un moût avec une richesse alcoolique de 7 p. 100 un distillatum avec 21 p. 100 d'alcool.

Ce qui a été dit relativement à l'inégale intensité avec laquelle se volatilisent l'eau et l'alcool lors de la distillation du moût, convient aussi pour les deux autres éléments volatils de ce dernier, l'acide acétique et les huiles odorantes, dont le point d'ébullition est plus élevé que celui de l'eau. Au début de la distillation, alors que le point d'ébullition du moût, à cause de la plus grande teneur en alcool, est moins haut qu'il sera plus tard, il ne distille que peu de ces corps, mais plus la température d'ébullition du moût s'élève, par suite de la diminution de la teneur en alcool, plus il en passe à la distillation. La portion qui distille en dernier lieu est donc la plus riche en huiles essentielles, dont par suite elle dégage l'odeur avec le plus d'intensité, ce à quoi il faut surtout faire attention.

Comme le moût fermenté et les liquides fermentés en général, se comportent aussi à la distillation les distillatums de ces liquides, c'est-à-dire les mélanges d'eau, d'alcool et de petites quantités d'huiles odorantes et d'acide acétique. Si, par exemple, le distillatum contenant 21 p. 100 d'alcool fourni par le moût est de nouveau soumis à une distillation, il ne distille pas inaltéré, mais les vapeurs qui s'en dégagent sont toujours plus riches en alcool que le liquide qui se trouve dans la chaudière, et il arrive finalement aussi un moment où tout l'alcool est volatilisé, où il ne s'en trouve plus dans le résidu. Si, par exemple, on distille la moitié du distillatum à 21 p. 100, tout l'alcool passe avec une certaine quantité de fousel et d'acide acétique. Le liquide qui reste ne contient que de l'eau et la majeure partie des huiles odorantes et de l'acide acétique. Le produit ainsi obtenu offre alors naturellement une teneur en alcool de 42 p. 100. De cette façon, c'est-à-dire par une distillation répétée, que l'on a coutume de nommer *rectification*, on peut avec un distillatum d'une faible teneur en alcool obtenir un produit avec une richesse alcoolique plus grande. Il est évident que l'on peut aussi recueillir séparément les parties qui passent aux différentes périodes de la distillation, de manière à obtenir dans

une seule opération des produits forts et des produits faibles, les premiers au début de la distillation, les autres dans les périodes suivantes.

Les produits faibles retirés du moût fermenté, lesquels contiennent moins de 40 p. 100 d'alcool sont ordinairement désignés dans la pratique sous le nom de *produits de queue*, les produits plus forts obtenus par rectification de ces derniers et qui renferment 40 à 50 p. 100 d'alcool sont appelés *eaux-de-vie ;* enfin, on donne le nom d'*esprits* aux produits encore plus forts (alcools à 60, 70, 80, 90 p. 100 ou à 60, 70 80, 90 degrés). L'*alcool absolu*, c'est-à-dire un produit complètement privé d'eau, ne peut pas être préparé par distillation simple ; on est obligé pour cela d'avoir recours à des agents chimiques, comme la chaux caustique, qui se combine avec l'eau ou le carbure de calcium, qui décompose l'eau avec formation de chaux et dégagement d'acétylène.

II. — Principaux organes des appareils distillatoires les plus simples.

Dans les pages précédentes nous avons indiqué quels sont les corps qui se trouvent dans le moût fermenté, les points d'ébullition de ces corps et les principes d'après lesquels doit avoir lieu la séparation de l'alcool du moût et l'obtention d'une vinasse complètement désalcoolisée.

Dans ce qui suit nous allons décrire les différents dispositifs qui servent pour atteindre ce but, et nous allons tout d'abord nous occuper des appareils *les plus simples*, qui se composent uniquement d'une *chaudière* ou cucurbite, d'un *chapiteau*, d'un *tube de dégagement* et d'un *réfrigérant ;* il sera aussi question du mode de *chauffage de la chaudière*.

a. *La chaudière et son mode de chauffage.* — La chaudière dans laquelle a lieu le chauffage du moût est établie sur un foyer, ou bien un courant de vapeur provenant d'un générateur est envoyé dans ce vase, c'est-à-dire dans le moût. On distingue, d'après cela, les *appareils à feu direct* et les *appareils à vapeur*.

Pour le chauffage à feu direct, la chaudière est toujours en cuivre et elle présente généralement une forme se rapprochant plus ou moins de celle qui est représentée par la figure 104 (p.391). On évite les angles aigus, parce qu'il s'y accumule facilement des particules solides du moût, qui y brûlent et rendent alors le nettoyage difficile. On donne au fond et au couvercle de la chaudière une légère convexité, afin de les renforcer. L'ouverture, qui est munie d'un rebord de 5 à 7 cm. de hauteur, a généralement une largeur égale au tiers du diamètre de la chaudière. Une ouverture plus petite serait suffisante pour la libre sortie des vapeurs, mais un large orifice facilite l'emploi d'un grand chapiteau qui est toujours plus commode (voy. plus loin) et rend également plus facile le nettoyage de la chaudière. Au fond de celle-ci est adapté un tube à robinet de 5 à 7 cm. de diamètre, qui sert pour évacuer le résidu, c'est-à-dire la vinasse. Afin de protéger ce tube, on l'entoure de maçonnerie, ainsi que le point où il est fixé dans la chaudière.

Le temps dans lequel peut être distillé le contenu d'une chaudière dépend, les quantités de moût étant égales, de la grandeur de la surface de la chaudière exposée au feu. Pour agrandir le plus possible cette surface, on faisait autrefois les chaudières très larges et peu élevées, on leur donnait un très grand diamètre par rapport à leur profondeur. Mais le fond des chaudières à grand diamètre doit être très épais et la chaleur le déforme facilement.

Il vaut mieux se servir de chaudières d'un plus petit diamètre par rapport à leur profondeur. On donne, par exemple, aux petites chaudières un diamètre qui est à la hauteur comme 5 : 2 ; pour les grandes chaudières, on choisit le rapport 3 : 1.

La disposition du foyer des appareils distillatoires simples est encore fréquemment défectueuse; l'utilisation du combustible est incomplète, si la grille se trouve sous le fond de la chaudière parce qu'alors la flamme poussée en arrière par le courant d'air ne touche que la partie postérieure du vase. C'est pour cela que la grille doit se trouver un peu en avant de la chaudière.

La figure 105 montre un dispositif de grille et de foyer tout à fait pratique. La grille est, comme on le voit, devant la chaudière ; dans le foyer se trouve une languette en maçonnerie, qui

sert en même temps de soutien pour la chaudière. La flamme, forcée de contourner la languette, lèche le fond tout entier du vase, puis se dirigeant d'arrière en avant, elle pénètre dans le carneau entourant la chaudière et, après l'avoir parcouru, elle passe dans la cheminée. La direction suivie par la flamme et les gaz du foyer est indiquée par des flèches. Les barreaux de la grille sont triangulaires et posés sur un de leurs angles, de façon que les intervalles vont en s'élargissant par en bas.

Si l'on emploie la *vapeur* pour le chauffage du moût, on donne

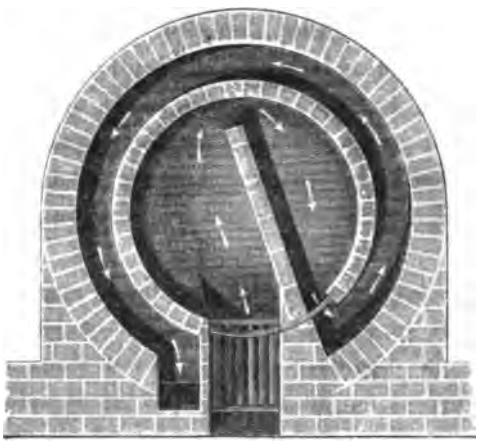


Fig. 105. — Foyer de chaudière.

à la chaudière une hauteur égale à 1 1/2 à 2 fois son diamètre, parce que le chauffage par la vapeur ne donne pas lieu, comme le chauffage direct, à une ébullition uniforme au-dessus de toute la surface du fond, mais la produit plutôt en certains points déterminés. Ainsi, lorsque la vapeur arrive par un simple tube ouvert, l'ébullition a lieu surtout dans le point où s'échappe la vapeur. On donne généralement au tube une ouverture de 30 à 40 mm.

L'emploi d'un serpentin à vapeur *fermé* donne sous beaucoup de rapports un résultat bien meilleur. D'abord, on obtient plus tôt la concentration du moût et aussi de la vinasse, parce que le premier abandonne de la vapeur et ne reçoit pas d'eau. Un autre avantage des serpentins fermés consiste dans la facilité avec laquelle on peut utiliser pour le chauffage la vapeur d'échappement des

machines. Cette vapeur, bien qu'elle ait perdu totalement ou en majeure partie sa tension, renferme encore toute la chaleur latente que l'eau a absorbée pour se transformer en vapeur, c'est-à-dire, par conséquent, la majeure partie de celle qui est en général contenue dans la vapeur; cette chaleur, qui devient libre, non pas dans la machine, mais lors de la condensation en eau, est complètement utilisée lorsqu'on emploie la vapeur d'échappement pour chauffer un liquide, le moût, dans le cas qui nous occupe.

La vapeur d'échappement de la machine suffit rarement seule pour la distillation du moût; cela n'a lieu que lorsque la machine a aussi à produire d'autre travail que celui de la distillerie. Il faut donc en général amener aussi dans la chaudière, indépendamment de la vapeur d'échappement, de la vapeur directe du générateur.

Dans la majorité des cas, les chaudières sont faites en *cuivre*. Les chaudières en *bois*, qui se distinguent par la grande modicité de leur prix, mais offrent trop peu de résistance à l'action de la chaleur ou de la vapeur, ont complètement disparu. On ne rencontre aussi que très rarement des chaudières *en pierre*. L'établissement des orifices pour les différentes conduites et l'étanchéité absolument indispensable rendent extrêmement difficile la confection des chaudières en pierre, qui sont formées de six plaques de grès (quatre pour les côtés, deux pour le fond). Jusqu'à présent, la fonte n'a pour ainsi dire pas été employée pour la construction des petits appareils distillatoires les plus simples, qui fréquemment servent pour la préparation d'eau-de-vie destinée à la boisson, tandis que, depuis quelque temps, on s'en sert avec succès pour la confection d'appareils continus, comme, par exemple, l'appareil automatique d'Ilgès.

b. Le *chapiteau* de la chaudière offre une plus grande importance que cela ne semble au premier abord ; il ferme l'ouverture de la chaudière et conduit les vapeurs dans le réfrigérant. Pour ce dernier objet, un tube recourbé, modérément large, partant du couvercle de la chaudière, serait suffisant, mais comme il doit y avoir nécessairement une large ouverture pour le nettoyage du vase, on place le chapiteau sur cette dernière dans l'appareil simple représenté par la figure 104, afin de ne pas avoir besoin d'une fermeture

particulière, et alors on se sert aussi de cette ouverture pour le remplissage de la chaudière. Les joints entre celle-ci et le chapiteau, le bec du chapiteau et le tube réfrigérant sont recouverts avec une pâte faite avec de la farine d'orge, du son ou de la poudre de tourteaux de lin et de l'eau ou avec une pâte d'argile.

Comme le moût en bouillant donne lieu à des projections de particules liquides et qu'il mousse notamment au début de l'ébullition, par suite du dégagement de l'acide carbonique absorbé, un grand chapiteau empêche la projection, le débordement, la pénétration du moût dans le tube réfrigérant, et il permet de mettre dans la chaudière une plus grande quantité de moût.

Mais la grandeur du chapiteau a aussi une très grande influence sur la qualité, notamment sur la force du distillatum. Les vapeurs dégagées du moût sont naturellement un peu refroidies dans le chapiteau, parce que celui-ci est entouré par l'air plus froid que les vapeurs, et celles-ci sont d'autant plus refroidies que le chapiteau a plus de surface, qu'il est plus grand. Il se produit ce qu'on appelle une déphlegmation (ou précipitation). Cette précipitation est d'autant plus abondante que le refroidissement est plus intense. C'est pour cela qu'une chaudière avec un grand chapiteau fournit un distillatum plus fort qu'une chaudière avec un petit chapiteau. Mais aussi elle donne un distillatum plus pur, moins chargé d'huiles odorantes, parce que celles-ci, dont le point d'ébullition est encore plus élevé que celui de l'eau, sont également en partie séparées par le refroidissement.

e. Le *réfrigérant* ne doit pas seulement condenser complètement à l'état liquide les vapeurs qui y pénètrent, il doit aussi refroidir le liquide condensé, le distillatum, de façon qu'il ne s'en évapore rien ou au moins aussi peu que possible, ce qui a lieu lorsque sa température est abaissée à 15°-18°,75.

Pour que la condensation des vapeurs et le refroidissement du distillatum aient lieu à un degré suffisant, il faut que la surface du réfrigérant absorbant la chaleur ait une grandeur en rapport avec la température de l'eau de réfrigération, qui entoure cette surface, c'est-à-dire que plus la température de l'eau sera basse, plus la surface réfrigérante pourra être petite. Car la rapidité avec laquelle ont lieu la condensation et le refroidissement est d'au-

tant plus grande que la différence entre la température des vapeurs et celle de l'eau de réfrigération est elle-même plus grande.

Le dispositif de réfrigération toujours le meilleur et le plus avantageux est celui dans lequel l'eau est échauffée aussi fortement que possible, c'est-à-dire utilisée aussi complètement qu'il est possible, dans lequel par conséquent on consomme le moins d'eau. L'étude de quelques réfrigérants facilitera l'intelligence de ce qui vient d'être dit et permettra de reconnaître à quelles exigeances doit en outre répondre l'appareil en question. Disons encore, mais seulement à titre d'indication générale, que le réfrigérant pour la même température moyenne de l'eau de réfrigération doit être d'autant plus grand que le distillatum est plus riche en eau, par conséquent plus pauvre en alcool.

Fig. 106. — Serpentin et réfrigérant.

L'appareil réfrigérant le plus ancien et encore le plus répandu dans les petites usines est un tube contourné en spirale, dit *serpentin*, déjà mentionné et représenté précédemment, mais qui peut encore être ici l'objet d'un nouvel examen (fig. 106). Il est en cuivre et soudé avec de la soudure dure avec le plus grand soin. Grâce à la courbure spiraliforme, un tube même très long peut être logé dans un petit espace, d'autant plus que l'inclinaison des spires n'a pas besoin d'être bien forte, afin que le liquide n'y coule pas trop rapidement et reste pendant un temps suffisant en contact avec la surface réfrigérante. L'étamage de la surface intérieure du serpentin n'est point à recommander.

Le serpentin doit être plus large supérieurement qu'inférieurement, il doit aller en se rétrécissant, parce qu'il se produit une condensation graduelle des vapeurs qui y pénètrent et par suite une diminution de volume. Si le serpentin ne se rétrécit pas, il y pénètre, après la condensation des vapeurs une grande quantité d'air par l'orifice inférieur, et alors il se produit, que la marche de la distillation soit rapide ou lente, un courant d'air intense continu, qui entraîne des vapeurs alcooliques.

Comme le montre la figure, le serpentin est placé dans un réservoir rempli d'eau froide. Ce dernier consiste soit en un tonneau vertical ou une cuve, soit en un bassin formé de pierres plates, qui alors naturellement est quadrangulaire. Si nous nous figurons que dans l'un ou l'autre de ces réservoirs l'eau demeure immobile, la condensation des vapeurs et le refroidissement du liquide condensé donneront lieu au processus suivant. Les vapeurs pénétrant dans le serpentin abandonnent de la chaleur à celui-ci et à l'eau, et par conséquent ne tardent pas à échauffer beaucoup cette dernière. La portion des vapeurs qui n'est pas immédiatement condensée continue son chemin et est condensée plus bas dans le serpentin, en échauffant en ce point l'eau ambiante. Le liquide condensé coule lentement dans le serpentin, et il est peu à peu refroidi à la température de l'eau dans laquelle plonge le serpentin. Comme l'eau échauffée a un poids spécifique plus faible que l'eau froide, qu'elle flotte sur celle-ci et qu'elle s'élève à travers sa masse, il se rassemble bientôt dans la partie supérieure du vase réfrigérant de l'eau chaude, formée pour une partie de celle qui s'est échauffée au contact des circonvolutions supérieures du serpentin, et pour l'autre partie de celle qui est montée après son échauffement par les circonvolutions inférieures. Les circonvolutions supérieures du serpentin sont ainsi peu à peu dépouillées de toute action réfrigérante ; la condensation des vapeurs finit par ne plus avoir lieu que dans les spires inférieures, la surface réfrigérante devient de plus en plus petite et enfin elle ne suffit plus pour la condensation complète et le refroidissement du liquide condensé. C'est pour cela qu'il faut que, dans un réfrigérant disposé comme celui que représente la figure précédente, de l'eau froide arrive continuellement, et que l'eau échauffée soit entraînée. L'eau froide doit naturellement être amenée par un tuyau au fond du réfrigérant, et celui-ci doit être pourvu à sa partie supérieure d'un tube pour l'écoulement de l'eau chaude. Ordinairement, on alimente le réfrigérant à l'aide d'un réservoir à eau froide, qui est établi à un étage supérieur.

Dans certains cas, il n'est pas possible d'avoir un courant d'eau continu dans le réfrigérant, parce qu'on n'a pas de réservoir à eau placé à un niveau élevé ou, d'une manière générale, qu'on manque

d'eau courante ; dans d'autres, l'eau échauffée doit périodiquement, généralement après la distillation d'une chaudière, être remplacée par de l'eau froide envoyée dans le réfrigérant à l'aide d'une pompe ; dans ce cas, il doit y avoir dans le réfrigérant au-dessus du serpentin un espace suffisamment grand pour qu'on puisse enlever l'eau chaude qui monte à la partie supérieure. Le serpentin reste alors continuellement entouré d'eau froide.

Fréquemment aussi, on emploie des réfrigérants qui consistent, non pas en serpentins, mais en vases cylindriques rétrécis inférieurement, qui sont placés dans l'eau de réfrigération et offrent intérieurement un espace creux, également traversé par de l'eau froide. Ces réfrigérants ont donc quatre parois cylindriques, dont les deux moyennes forment un anneau pour le passage des vapeurs. La vapeur pénètre dans cet anneau par sa partie supérieure, l'alcool s'écoule par sa partie inférieure ; l'eau entre dans les espaces intérieur et extérieur par en bas et en sort par en haut.

III. — Appareils distillatoires les plus simples.

La figure 107 représente un appareil construit de la manière la plus simple, qui ne se compose que d'une chaudière, d'un chapiteau et d'un réfrigérant.

On rencontre encore fréquemment de semblables appareils dans les contrées où l'on prépare dans de petites distilleries, non pas de l'alcool, mais de l'eau-de-vie. Avec ces appareils, on fait deux distillations : la première donne un *flegme*, c'est-à-dire un distillatum peu riche en alcool ; dans la seconde, qui est une rectification, on recueille à part les *produits de tête*, les *produits moyens* et les *produits de queue*.

Nous nous contenterons de donner sur le maniement de cet appareil simple les quelques indications suivantes :

La chaudière doit être nettoyée avec soin ; les taches noires qui peuvent se trouver sur son fond doivent être enlevées par frottement avec du sable, parce que c'est dans ces points, où des particules de moût ont déjà adhéré, que ce dernier brûle le plus rapidement.

Si l'on a préparé un moût très concentré, il est nécessaire d'étendre un peu ce dernier avec des produits de queue provenant de distillations antérieures, bien qu'alors la chaudière doive être remplie un peu plus que cela ne devrait être. C'est à peine s'il est nécessaire de faire remarquer que le moût, avant d'être versé dans la chaudière doit être bien brassé dans la cuve où il se trouve, afin de disséminer uniformément les particules lourdes dans les différentes charges ; cette précaution est indispensable, si l'on veut

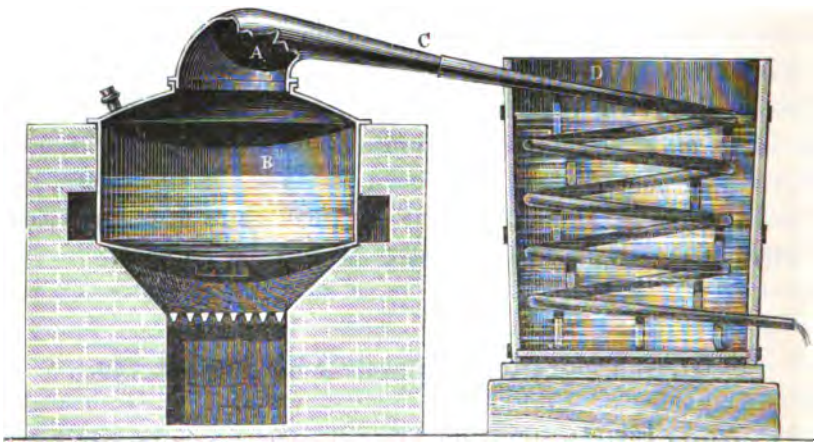


Fig. 107. — Appareil distillatoire simple.

éviter de brûler le moût. Au début, la chaudière doit être chauffée vivement, afin que l'échauffement soit rapide. Si un bon appareil agitateur fait défaut, la chaudière ne doit pas être fermée rapidement avec le chapiteau, parce qu'il est nécessaire de brasser la masse avec soin jusqu'à ce que, à la manière dont le moût se comporte dans la chaudière, on s'aperçoive que l'ébullition va commencer. On reconnaît qu'on est arrivé à ce point, lorsqu'on voit se mouvoir les drèches contenues dans le moût (si ce dernier a été préparé avec des matières amylacées), lorsqu'on perçoit un léger bruissement sur le bord du liquide, ou bien lorsqu'il se dégage une odeur alcoolique. Le chapiteau doit maintenant être rapidement mis en place et ses joints recouverts d'argile grasse ou de pâte de farine, mais le feu doit être modéré jusqu'au commencement de la distillation, parce qu'au début le moût déborde très facilement.

Lorsque l'alcool commence à couler, on augmente le feu. Si le fond de la chaudière offre une épaisseur suffisante, on courra moins de risque avec un feu *vif soutenu* de brûler le moût, tandis qu'avec un chauffage irrégulier le moût cesse de bouillir à certains moments et alors les particules qu'il tenait en suspension tombent sur le fond de la chaudière, et le danger de brûler le moût est ainsi considérablement accru.

On recueille à part, suivant leur force, les produits de la distillation ; lors de la distillation suivante, on ajoute le dernier quart du distillatum dans la chaudière afin de diluer le moût. On a déjà

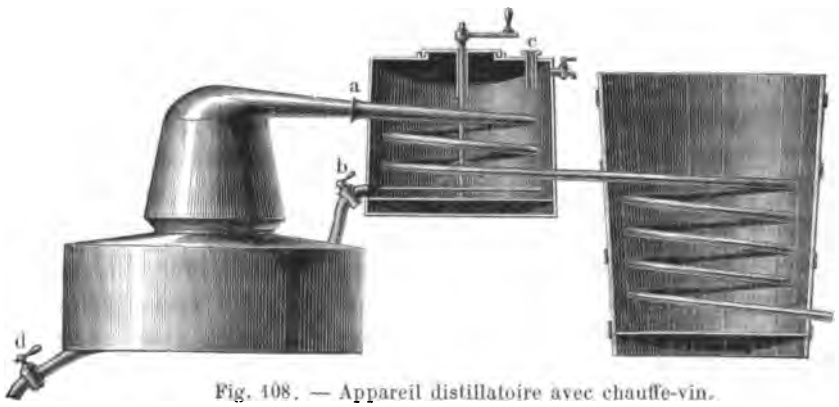


Fig. 108. — Appareil distillatoire avec chauffe-vin.

dit précédemment que cette dilution était nécessaire avec le chauffage direct et des moûts épais.

Le travail avec ces appareils très simples, comme celui qui vient d'être décrit, conduisit bientôt à l'adaptation d'un *réchauffeur*, (*chauffe-vin*, *chauffe-moût*), dispositif à l'aide duquel on réalise une économie de temps, de combustible et d'eau de réfrigération. On fit passer les vapeurs se dégageant de la chaudière, non pas directement dans le serpentin du réfrigérant, mais on leur fit d'abord traverser un serpentin plus petit, placé dans un vase contenant le moût destiné à la distillation suivante. La figure 108 représente un appareil muni d'un réchauffeur. Les vapeurs qui se dégagent de la chaudière pénètrent par *a* dans le serpentin du réchauffeur, où elles cèdent une partie de leur chaleur au moût et le réchauffent. L'appareil est muni d'un agitateur pour le cas où l'on distille des moûts épais. Ce qui est condensé dans le serpentin du réchauf-

feur passe avec le reste des vapeurs dans le serpentin du réfrigérant, où s'achèvent le refroidissement et la condensation. Lorsque le contenu d'une chaudière est distillé, la vinasse est évacuée de celle-ci par le tuyau *d*, puis la chaudière est remplie à nouveau par le tuyau *b* avec le moût du réchauffeur qui est rechargé par *c* avec du moût froid fermenté. On voit qu'ici le moût contenu dans le réchauffeur remplace une partie de l'eau de réfrigération ou, si l'on veut, qu'il y a deux réfrigérants, dont l'un est rempli de moût et l'autre d'eau.

IV. — Appareils distillatoires périodiques composés.

Les appareils simples, dont il a été question dans les pages précédentes peuvent être employés pour la préparation d'eau-de-vie destinée à la boisson, mais pour ce but spécial les *appareils plus compliqués* doivent même sans hésitation être préférés, parce qu'ils permettent d'obtenir un distillatum avec un goût plus fin. Avec les appareils simples la préparation d'un produit à haut degré est beaucoup trop coûteuse, car pour obtenir avec un moût contenant 10 p. 100 environ d'alcool un alcool fort, quatre ou cinq distillations seraient nécessaires.

On a remédié à cet inconvénient en construisant des appareils plus compliqués, à l'aide desquels on obtient en une seule opération un produit à haut degré, en condensant à plusieurs reprises et en volatilisant les produits passant à la distillation.

Avec des mélanges d'alcool et d'eau, les vapeurs qui se dégagent sont toujours plus riches en alcool que le liquide primitif; c'est sur ce fait qu'est basée la séparation de l'alcool et de l'eau, par conséquent l'augmentation de force de l'alcool. Une distillation fréquemment répétée, qui équivaut à une *rectification*, a pour conséquence un accroissement de la force de l'alcool.

Les rectificateurs consistent en un certain nombre de compartiments superposés, qui sont traversés par un courant ascendant de vapeurs alcooliques. Les vapeurs qui se dégagent dans un compartiment et traversent le liquide du compartiment immédiatement supérieur subissent une condensation partielle. La chaleur qui est

ainsi rendue libre provoque à son tour la formation de vapeurs dans le liquide, suivie d'une condensation partielle dans le compartiment qui vient immédiatement après, et ainsi de suite.

Mais avec la rectification seule, la force de l'alcool obtenu est toujours restreinte dans certaines limites, parce qu'elle dépend de la force du liquide volatilisé.

On ne peut obtenir un produit à haut degré qu'à l'aide de la *déflegmation*, opération dans laquelle une partie des vapeurs alcooliques venant du rectificateur est condensée soit par l'eau de réfrigération, soit par le moût à réchauffer et ramenée au rectificateur sous forme de flegme. La teneur alcoolique du liquide à rectifier devient ainsi plus grande et de leur côté les vapeurs qui s'en dégagent subissent un enrichissement en alcool.

Comme on le voit, les deux dispositifs pour la rectification et la déflegmation forment un tout organique, s'il s'agit d'obtenir un produit à haut degré. Au moyen d'un nombre convenable d'éléments rectificateurs, combiné avec un dispositif rationnel de déflegmation, on peut obtenir un distillatum contenant de 94 à 96 p. 100 d'alcool en poids.

Dans la figure 109, dont le but est de mettre en évidence, par une représentation schématique, la rectification et la déflegmation, A est une chaudière à moût, B et C sont deux vases vides clos et D le réfrigérant. Le robinet *a* est fermé.

Si le moût contenu dans la chaudière A est chauffé à l'ébullition et distillé, les vapeurs alcooliques qui s'en dégagent passent naturellement dans le vase B, où, parce que le vase est froid, elles sont condensées en un liquide alcoolique. Mais les vapeurs qui s'échappent continuellement du moût ne tardent pas à chauffer à l'ébullition le liquide condensé en B; de B il se dégage alors des vapeurs, qui arrivent en C, où elles se condensent tout d'abord. Mais les vapeurs venant de B portent aussi bientôt à l'ébullition le liquide de C, et les vapeurs qui se dégagent de C pénètrent maintenant dans le serpentin, où elles se condensent pour former le distillatum. Ces distillations ou vaporisations répétées en B et en C ont lieu avant que tout l'alcool de A soit volatilisé; elles sont par conséquent produites non pas par de la vapeur d'eau, mais par de la vapeur d'eau chargée d'alcool, et c'est précisément ce qui produit l'économie.

Comme les liquides alcooliques au commencement de la distillation dégagent des vapeurs d'autant plus riches en alcool qu'ils sont eux-mêmes plus riches en alcool, cela explique comment un liquide qui au début se condense en B est plus riche en alcool que le moût. Le liquide condensé en C est à son tour plus riche que celui de B; le liquide qui s'écoule du serpentin est encore plus riche en alcool que le liquide de C.

Les vases B et C se nomment *rectificateurs*, et ce sont des organes

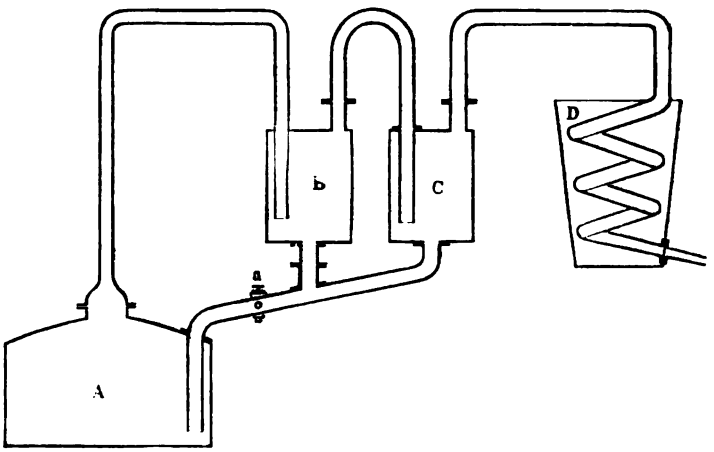


Fig. 109. — Représentation schématique de la rectification et de la déflegmation.

d'un appareil distillatoire, où les vapeurs alcooliques qui y pénètrent se condensent à l'état liquide, mais dans lesquels le liquide condensé est à son tour chauffé par les vapeurs plus pauvres en alcool qui y pénètrent ensuite et est ainsi distillé.

Si maintenant la distillation du moût dans la chaudière A a lieu avec le robinet *a* ouvert pendant tout le temps de l'opération, il se passe le processus suivant. Les vapeurs qui se dégagent de A pénètrent en B, où tout d'abord elles sont complètement condensées, parce que B est froid.

Le liquide condensé ne peut pas se rassembler, il retourne immédiatement vers A, dans la chaudière. Mais la condensation complète des vapeurs pénétrant en B ne dure qu'un instant, car le vase B est réchauffé par les vapeurs, qui alors n'arrivent plus dans un espace froid, mais dans un espace chauffé, où a lieu une conden-

sation partielle fréquemment répétée et par suite un renforcement des vapeurs alcooliques.

La forme donnée aux vases B et C de la figure 109 n'a été choisie que pour mieux faire comprendre en quoi consistent la rectification et la déflegmation. Les appareils distillatoires usités dans la pratique sont munis dans ce but de dispositifs de formes différentes et variées.

La figure 110 montre un dispositif dû à Pistorius. Dans un vase

Fig. 110. — Rectificateur de Pistorius.

circulaire en cuivre AA est suspendu un autre vase semblable, mais plus étroit et moins profond BB, de façon qu'il reste entre les parois verticales des deux vases un espace étroit *aa* et entre leurs fonds un intervalle plus grand *bb*. Le fond de A est traversé par le tube *c*, qui est recouvert par le capuchon *d*, fixé sur le fond de B. B renferme du moût, c'est le réchauffeur. Les vapeurs arrivant par *c* sont forcées, par le capuchon *d*, de suivre la direction indiquée

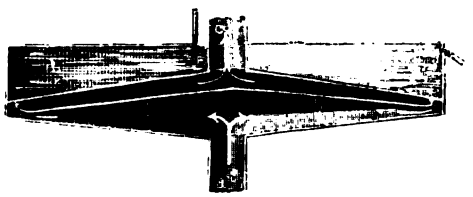


Fig. 111. — Bassin de Pistorius.

par les flèches et au début elles se condensent dans l'espace *bb*. Mais le liquide condensé est de nouveau porté à l'ébullition par les nouvelles vapeurs venant de la chaudière et traversent sa masse, et il dégage alors des vapeurs plus riches en alcool, qui montent dans l'intervalle *aa*.

La figure 111 représente le dispositif de déflegmation très répandu en Allemagne sous le nom de *bassin de* Pistorius.

Les vapeurs alcooliques arrivant par *a* sont forcées par le disque qui se trouve dans le bassin de parcourir les surfaces inférieure et supérieure de ce dernier. La surface inférieure est refroidie par le courant d'air ; le refroidissement de la surface supérieure a lieu au moyen d'eau courante, et à cet effet le bassin est muni supérieurement d'un rebord. Le flegme précipité par le refroidissement rétrograde par *a* ou par un tube particulier.

Dans un autre appareil de déflegmation, les vapeurs à enrichir sont disséminées dans un grand nombre de *tubes verticaux étroits*, qui sont entourés de tubes plus larges fermés supérieurement. Les premiers partent d'un fond qui ferme la colonne de rectifica-

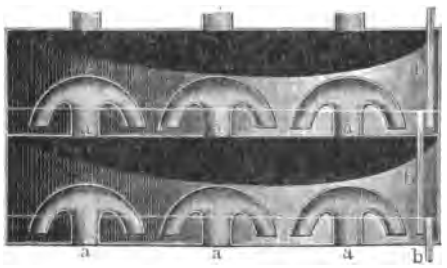


Fig. 112. — Rectificateur à tubes recourbés de Perrier.

tion, tandis que le fond avec les tubes larges forme en même temps le fond du réservoir à eau, qui entoure ces tubes. Les tubes étroits amènent les vapeurs dans la partie supérieure des tubes larges et ceux-ci les conduisent, en les dirigeant par en bas, dans l'espace qui se trouve entre les deux tubes. De ces espaces, qui sont assez grands, les vapeurs sont conduites en vue de l'obtention d'eau-de-vie, directement dans le réfrigérant ou, si l'on veut avoir un produit plus fort, on les envoie encore dans un deuxième déflegmateur tubulaire semblable au précédent.

Nous rencontrerons plus tard un dispositif de déflegmation très répandu, le réchauffeur des appareils à colonne continus.

Les figures 112 et 113 représentent des dispositifs de rectification, tels qu'ils sont en usage dans les appareils à colonne ; ce sont des bassins plats, en cuivre, dont souvent un grand nombre sont superposés. Les vapeurs alcooliques arrivant par les tubes *a* sont forcées, par la courbure des tubes (fig. 112) ou par les cloches fixées au-

dessus de ces derniers (fig. 113), de passer à travers le liquide, qui au début s'accumule dans les bassins. Autant il y a de pareils bassins superposés, autant il se produit de rectifications. Le niveau du liquide dans les bassins est déterminé par les tubes *b;* de chaque bassin, le liquide descend dans celui qui est au-dessous, lorsqu'il s'est rempli jusqu'à la hauteur de ces tubes. La ligne blanche indique le niveau du liquide; les tubes *a* s'élèvent au-dessus de cette ligne, le tube *b* venant du bassin supérieur descend au-dessous d'elle. Comme on le voit, le rectificateur à cloches n'est qu'une modification de l'appareil de Pistorius représenté par la figure 110.

Pistorius fut le premier qui, en Allemagne, employa, à la place

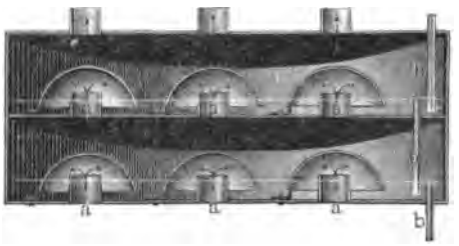


Fig. 113. — Rectificateur à cloches.

des appareils à une seule chaudière, des dispositifs à double chaudière et combina entre elles convenablement la déflegmation et la rectification. L'appareil qui porte son nom et est représenté par la figure 114, est encore aujourd'hui employé en Allemagne dans un grand nombre de petites distilleries agricoles.

Dans cette figure :

A est la première chaudière;

B est la deuxième chaudière; elle est établie à un niveau plus élevé que la première, parce que le moût est évacué de la deuxième chaudière dans la première;

C est le réchauffeur ou chauffe-vin avec le rectificateur C′;

D représente un des deux ou trois bassins composant le déflegmateur.

Les chaudières ne reçoivent le moût que du réchauffeur, qu'il faut, au début de la distillation, remplir trois fois de moût par le tuyau *h′*.

Le moût de la première chaudière est, pendant qu'on le brasse

avec l'agitateur *f*, porté à l'ébullition à l'aide d'un feu vif; on modère ensuite le feu, en fermant partiellement le registre de la cheminée, afin d'empêcher le débordement du moût.

Les vapeurs qui se dégagent de la première chaudière passent dans la seconde par le chapiteau *b* et le tuyau *g*, qui descend dans le moût contenu dans cette dernière (*i*); là elles sont d'abord con-

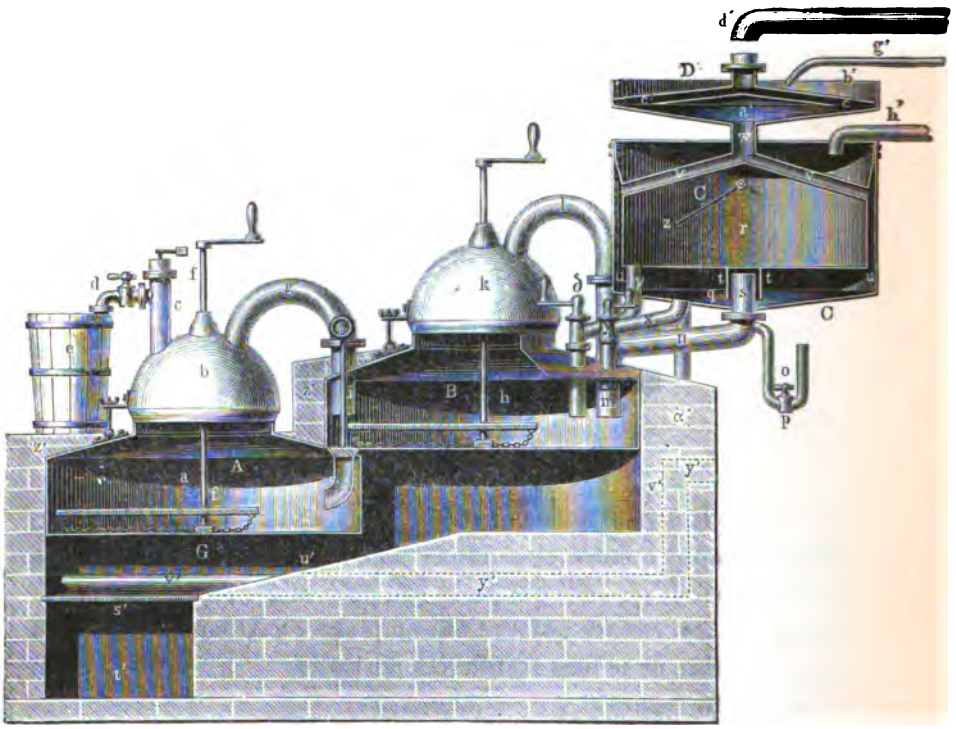


Fig. 114. — Appareil de Pistorius à chauffage à feu direct.

densées, mais au bout de quelque temps elles y portent le moût à l'ébullition.

Les vapeurs dégagées de la deuxième chaudière passent dans le chapiteau *k* et le tuyau *l*, dont la partie inférieure *m* plonge dans le moût de la chaudière; de là elles pénètrent dans le tube coudé *n*, dont la partie supérieure *s* traverse le fond du rectificateur C' et arrivent sous le capuchon annulaire *tt* fixé sur le fond du réchauffeur et qui force les vapeurs à prendre une direction descendante. Comme les vapeurs ainsi amenées dans le rectificateur sont refroi-

dies par sa surface extérieure froide et par la surface froide de la partie inférieure du chauffe-vin, elles se condensent au début dans le rectificateur, et le liquide condensé s'y rassemble. Lorsque à l'intérieur la température est devenue suffisamment haute, le liquide est de nouveau porté à l'ébullition par les vapeurs qui arrivent sans interruption, une vaporisation (rectification) de ce liquide se produit.

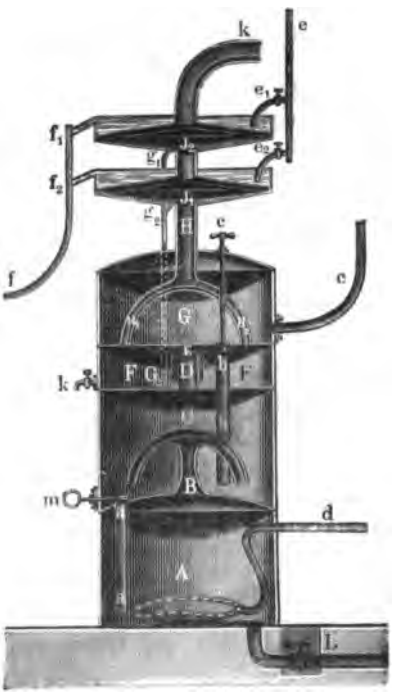


Fig. 115. — Appareil de Pistorius à deux chaudières pour chauffage direct à la vapeur.

Les vapeurs qui se dégagent passent dans l'espace étroit *u* qui se trouve entre les parois du chauffe-vin et celles du rectificateur, espace dans lequel a déjà lieu une condensation, et par les deux tubes *vv*, qui viennent se réunir à *w* elles se rendent dans le bassin inférieur D, où le diaphragme *c' a' c'* les force à s'étaler ; elles sont précipitées par la surface inférieure du bassin qui est entourée d'air froid ; la partie non condensée passe au-dessus du diaphragme en subissant la même action au contact de la face supérieure du bassin refroidie avec de l'eau (amenée par le tube *g'*), le reste passe ensuite dans un deuxième bassin disposé exactement de la même manière, puis de ce dernier dans un troisième et arrive enfin par *d'* dans le réfrigérant. Le tube recourbé *p*, adapté sur *n*, est un tube de sûreté.

La figure 115 représente une forme plus moderne des appareils de Pistorius, forme dans laquelle le chauffage à feu direct est remplacé par le chauffage à la vapeur. Dans cet appareil, où le moût n'arrive pas en un courant continu et n'est pas désalcoolisé sans interruption, mais dans lequel les chaudières sont remplies, puis chargées à nouveau après la distillation d'une première charge et ainsi de suite (appareil périodique), les deux chaudières

A et C ne sont pas établies l'une à côté de l'autre, mais sont directement superposées. F est le rectificateur, G le chauffe-vin; J^1 et J^2 sont des déflegmateurs. Les vapeurs arrivent de A par B dans C, puis par les tuyaux D dans le rectificateur F; de ce dernier, elles passent par H dans les bassins et enfin par K dans le réfrigérant.

Pour remplir les chaudières des appareils périodiques, on peut se servir, au lieu d'une pompe, d'un injecteur à jet de vapeur, comme celui qui est représenté par la figure 116.

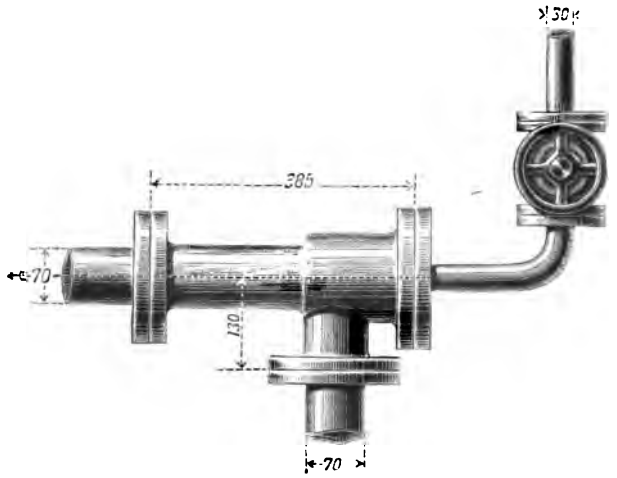


Fig. 116. — Injecteur à jet de vapeur.

Cet injecteur peut aussi servir pour remplir les appareils de rectification, pour monter la vinasse dans le bac qui lui est destiné, etc.

Le principe de cet appareil est très simple : par une buse, on fait arriver de la vapeur dans une conduite, suivant la direction à donner au liquide qui doit passer par la conduite. Plus est grande la force vive avec laquelle arrive la vapeur, plus aussi est grande la vitesse avec laquelle le liquide est refoulé.

Le remplissage de la chaudière à l'aide de l'injecteur a lieu très rapidement (dans l'espace de deux à cinq minutes). Indépendamment de l'économie de temps que procure cet appareil pour l'opération de la distillation, le moût arrive dans la chaudière tout réchauffé par la vapeur, avantage qui a bien son importance. Le maniement de l'appareil est extrêmement simple : pour le mettre

en activité ou arrêter son travail, il suffit d'ouvrir ou de fermer une soupape de vapeur. Pour que l'appareil fonctionne toujours uniformément et d'une manière irréprochable, il convient de relier le tuyau d'aspiration de l'injecteur à la conduite qui se prolonge au-dessous de la cuve de fermentation, de façon que le moût coule de lui-même dans l'injecteur.

Les appareils dont il vient d'être question ne peuvent pas fournir des produits à haut degré ; c'est pour cela que, depuis quelque temps, les constructeurs cherchent à établir, même pour

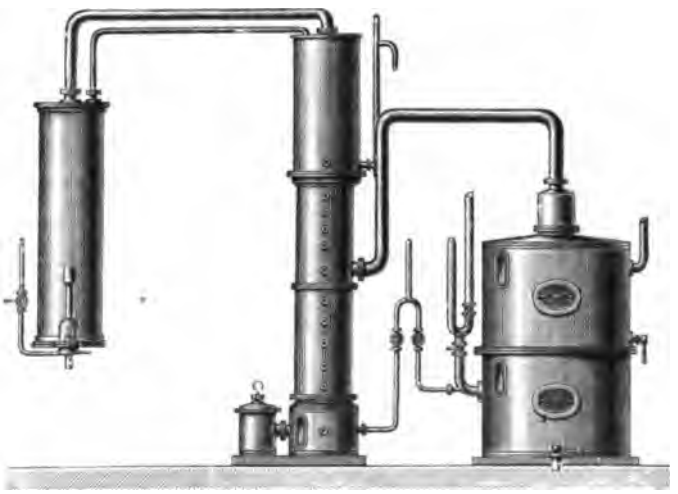


Fig. 117. — Appareil demi-continu de Linke et Hentze.

les petites distilleries, des appareils périodiques fournissant un distillatum à 80-90 p. 100 en volumes.

Les figures 117 et 118 représentent deux appareils distillatoires de ce genre, établis d'après les idées les plus récentes et construits par la société Linke et Hentze, de Stadtamhof, près Regensburg.

Ces appareils conviennent pour les distilleries avec 1 000 et 2 000 litres de capacité de cuve, et ils se composent d'une double chaudière à moût, de la chaudière à produits de queue avec régulateur, de la colonne rectificatrice, du déflegmateur tubulaire et du réfrigérant.

Les deux appareils représentés par les figures 117 et 118 se distinguent avantageusement de ceux que nous avons décrits précé-

demment en ce que les produits de queue ne s'accumulent pas, mais sont continuellement distillés pendant le travail et amenés à l'égout complètement désalcoolisés par un régulateur d'écoulement.

Grâce à cet arrangement, non seulement on parvient à séparer, comme on le désire, la vinasse et les produits de queue, mais encore on obtient, tout en rendant plus rapide le travail de la

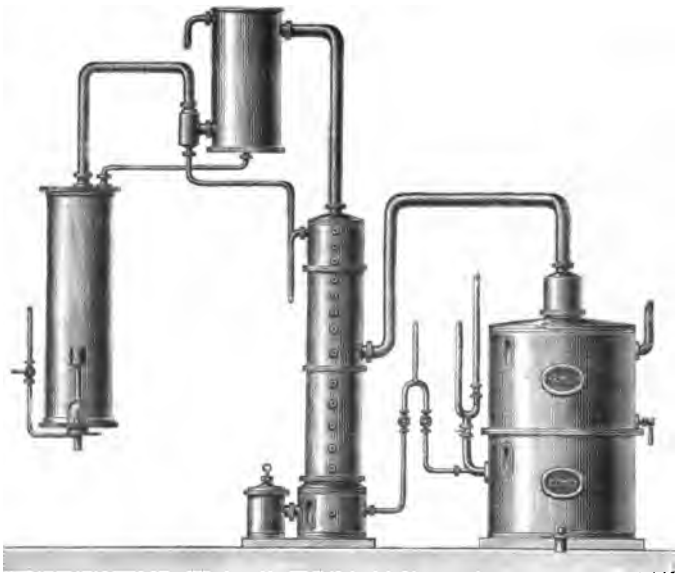


Fig. 118. — Appareil demi-continu de Linke et Hentze avec colonne de rectification et déflegmateur.

distillation, un alcool avec une richesse moyenne de 80 p. 100 en poids.

Pour obtenir un produit avec un degré uniforme, les chaudières ne doivent être distillées que jusqu'à 80 p. 100 Tralles, parce qu'alors la chaudière inférieure est complètement exempte d'alcool. C'est pour cela qu'il est très avantageux, lors de la production d'un alcool à haut degré, de choisir les chaudières à moût aussi grandes que possible.

Dans la figure 118, le déflegmateur est séparé de la colonne à produits de queue, ce qui doit être préféré lorsque le local n'est pas très haut, parce qu'alors le déflegmateur est installé sur le sol ;

en second lieu, on peut, en revanche, élever la colonne, ce qui n'est qu'avantageux pour l'obtention d'un alcool à haut degré. Dans la figure 117, le déflegmateur se trouve au contraire directement sur la colonne; cet arrangement n'est adopté que lorsqu'on a un espace suffisamment haut, et lorsque le déflegmateur ne peut pas être établi séparément; mais alors la colonne rectificatrice n'est pas aussi haute et on n'obtient qu'un alcool à 83-84 p. 100 en poids.

V. — Appareils distillatoires continus.

Tandis que dans les deux appareils précédents la distillation des produits de queue est seule continue, le remplissage et la distillation des chaudières à moût ayant lieu périodiquement, ce qui exige une interruption momentanée du travail, les appareils *continus* avec construction différente convenablement ménagée offrent cet avantage que le moût est déversé sans interruption dans l'appareil et que la vinasse (le moût désalcoolisé) s'écoule continuellement et spontanément.

Les distilleries tant soit peu importantes préfèrent le travail avec des appareils continus, qui en peu de temps, par conséquent avec économie de combustible, fournissent un distillatum à haut degré.

Appareil de Bohm. — Comme type des appareils continus nous représentons dans la figure 119 l'appareil allemand continu, dit appareil à colonne, construit par Bohm, de Fredersdorf, près Berlin.

L'appareil se compose des organes suivants :

La colonne distillatoire ou colonne à moût M;

La colonne rectificatrice R;

Le déflegmateur C, qui sert en même temps de chauffe-vin, et

Le réfrigérant K.

En outre, S représente le régulateur de l'écoulement des vinasses et A la sortie de l'alcool (l'éprouvette). Un tube de sûreté, adapté à la colonne à moût, au-dessous de M, empêche qu'il se produise dans celle-ci une tension trop grande.

La colonne à moût se compose de douze éléments ou chambres; par les tubes de trop-plein *e*, le moût réchauffé et amené à la

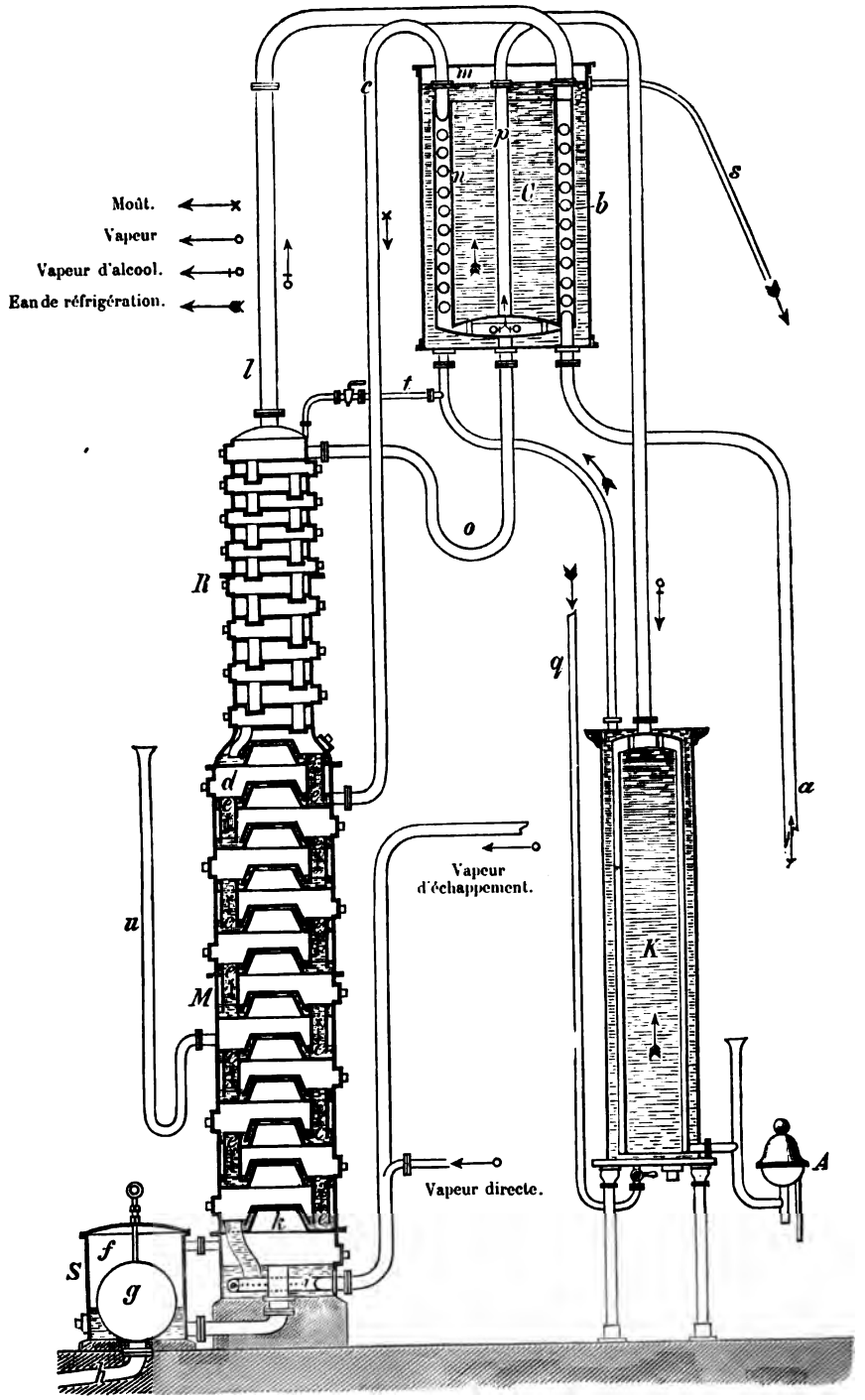


Fig. 119. — Appareil continu de Bohm à une seule colonne.

colonne par le tuyau *c* descend de chambre en chambre; chaque chambre joue ici le rôle d'une chaudière, dans laquelle le moût est porté à l'ébullition par les vapeurs qui montent de la chambre immédiatement inférieure. Dans la chambre la plus basse se trouve un tube de vapeur *i*, contourné en spirale et perforé comme un crible, à l'aide duquel on peut introduire dans l'appareil aussi bien de la vapeur directe que de la vapeur d'échappement.

Marche du moût. — La pompe à moût refoule ce dernier, soit directement de la cuve de fermentation, soit d'un réservoir particulier, dans le tuyau *a*; de ce dernier, le moût passe dans le serpentin réchauffeur *b* qui se trouve dans le déflegmateur et, par le tube *c*, il arrive dans la chambre supérieure de la colonne de distillation M. Pendant que le moût froid traverse le déflegmateur, il est réchauffé par les vapeurs alcooliques qui circulent autour du serpentin. Lorsque l'*élément* supérieur de la colonne M s'est rempli de moût jusqu'à la hauteur du tube de trop-plein, le moût s'écoule dans la chambre immédiatement inférieure, et ainsi de suite, jusqu'à ce que par *h* il sorte à l'état de vinasse, après avoir traversé le régulateur S. L'orifice d'écoulement est fermé à l'aide d'une boule creuse *g*, qui se soulève, dès que la vinasse a atteint un certain niveau dans le régulateur.

Marche de la vapeur. — La vapeur nécessaire pour la distillation du moût arrive, comme on l'a déjà dit précédemment, par la spirale *i*, dans l'élément le plus bas de la colonne à moût; elle passe de là dans le compartiment qui se trouve au-dessus par l'orifice central du fond de ce dernier, et comme cet orifice est recouvert par une calotte dont les bords inférieurs plongent dans le liquide qui s'est rassemblé sur le fond du compartiment, elle est obligée de traverser cette couche liquide. Les vapeurs montent ainsi de chambre en chambre en portant à l'ébullition le moût qui s'y trouve et s'enrichissant de plus en plus en alcool. La vapeur pénètre ensuite dans la colonne rectificatrice R, elle traverse les membreux petits trous dont sont munis les quinze plateaux superposés formant cette colonne en s'enrichissant encore en alcool, et avant son entrée dans le condenseur *c*, elle passe à travers les produits de queue amenés de ce dernier par une tube recourbé sur les plateaux du rectificateur.

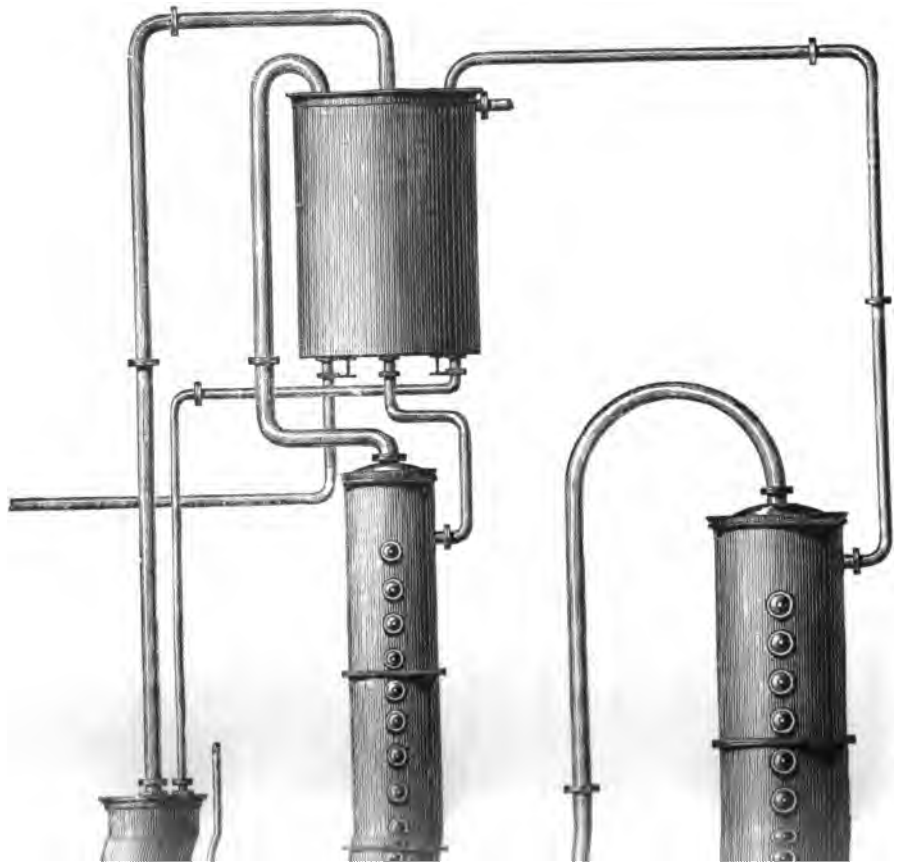
Les vapeurs rectifiées passent par le tube désigné par une flèche dans le condenseur, c'est-à-dire dans l'intervalle qui est formé par deux cylindres de diamètres différents placés l'un dans l'autre. Dans cet espace se trouve le tube *b* contourné en spirale, dans lequel se meut le moût à réchauffer. Les deux cylindres sont établis dans un vase où circule un courant d'eau froide; celle-ci, en circulant autour des parois extérieures des cylindres, ainsi que le moût en traversant le serpentin *b*, produisent une déflegmation intense des vapeurs alcooliques. Celles-ci quittent *c* par le tube *p* et se rendent dans le réfrigérant K, d'où elles sortent en A, sous forme d'un produit à haut degré.

L'eau de réfrigération arrive par le tube *q* dans la partie inférieure du réfrigérant; elle en sort par en haut et se rend au condensateur, qu'elle abandonne par *s*, après s'être échauffée.

Dans l'appareil de Bohm qui vient d'être décrit, la colonne rectificatrice est placée directement sur la colonne à moût, de sorte que les produits de queue résultant de la rectification retournent avec leurs essences et les autres substances odorantes qu'ils renferment dans le moût et dans la vinasse, qui est alors donnée aux animaux chargés de ces substances. Afin d'éviter cet inconvénient et d'obtenir une vinasse plus concentrée, on construit des appareils dans lesquels les colonnes de distillation et de rectification ne sont pas superposées, mais établies sur le même plan l'une à côté de l'autre. En outre, il arrive souvent qu'avec les appareils de grande production, cette juxtaposition est nécessitée par le manque de hauteur du bâtiment de la distillerie.

Appareil d'Ellenberger. — La figure 120 représente un dispositif de ce genre construit par Ellenberger, de Darmstadt. Dans la colonne qui se trouve à droite dans le dessin, le moût est désalcoolisé au moyen de vapeur directe ou d'échappement et la vinasse est évacuée par le régulateur fonctionnant automatiquement. Un petit appareil de contrôle permet de se rendre compte à chaque instant du degré d'épuisement de la vinasse.

De la colonne à moût, les vapeurs alcooliques passent dans la colonne rectificatrice qui se trouve à côté. Ce mode de construction permet de séparer et de recueillir isolément les pro-



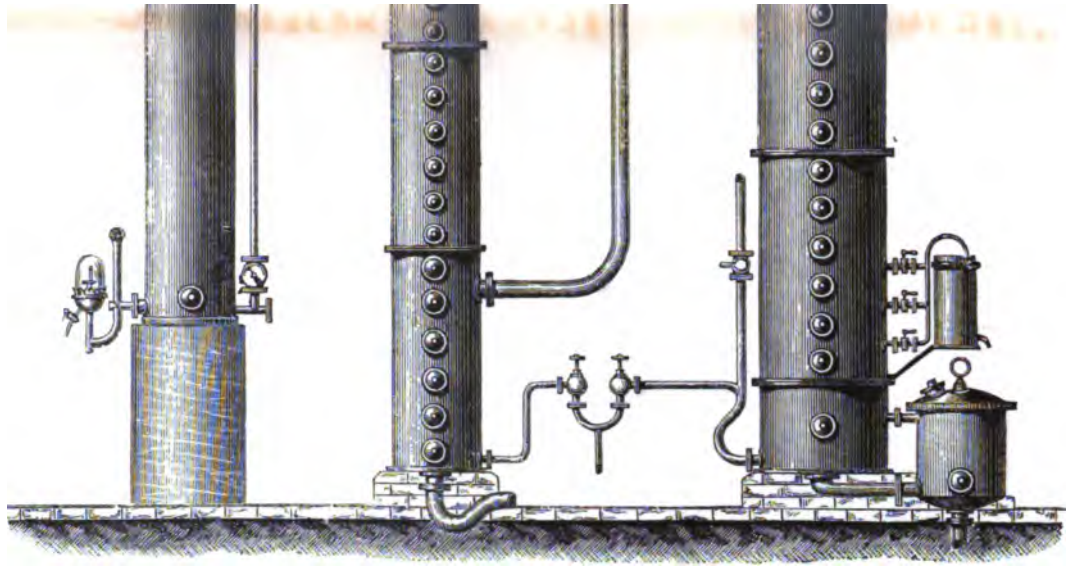


Fig. 120. — Appareil à deux colonnes d'Ellenberger.

duits, ce qui fait de la vinasse une nourriture plus saine pour le bétail.

Le condensateur établi au-dessus de la colonne rectificatrice agit comme déflegmateur et, en échauffant le moût, il permet en même temps de réaliser une économie d'eau et de vapeur.

Les vapeurs alcooliques à haut degré sortent du condensateur pour aller se liquéfier dans le réfrigérant.

Appareil de C. Heckmann. — La figure 121 représente une excellente disposition d'appareil continu à deux colonnes. L'appareil fournit un alcool à 96-97 p. 100 en volume et il est construit par C. Heckmann, de Berlin.

A l'aide de la pompe P, le moût est refoulé continuellement par le tube *a* dans le chauffe-vin D et de ce dernier il se rend par le tube *b* dans un deuxième chauffe-vin V, duquel il passe dans la colonne à moût. Dans celle-ci, le moût descend de compartiment en compartiment pour s'écouler finalement, dépouillé d'alcool et à l'état de vinasse, par le régulateur R. La vapeur de chauffage pénètre au bas de la colonne et par le tube *c* elle passe sous forme de vapeur assez chargée d'alcool dans la colonne à esprit C.

Tandis que la partie supérieure de cette colonne sert à enrichir les vapeurs qui y pénètrent, la partie inférieure (au-dessous du tube *c*) a pour but de dépouiller du reste de son alcool le liquide retombant de la colonne à esprit.

Les vapeurs qui s'élèvent de la colonne C sont à très haut degré, grâce à la disposition de la colonne et à son fractionnement bien conçu; elles se rendent par le tube *k* dans le déflegmateur, où elles réchauffent le moût arrivant par *a* et sont encore déflegmées plus fortement par l'eau pénétrant par *p*, de sorte que ce qui rétrograde par *l* est à un degré très élevé.

Les vapeurs non condensées en D se rendent dans le réfrigérant K, duquel, complètement liquéfiées et refroidies, elles passent à l'intérieur d'une cloche de verre, où l'on peut les voir, les mesurer et les peser, dans le récipient S, d'où elles sont ensuite évacuées.

Le réfrigérant de contrôle N permet de s'assurer du degré d'épuisement de la vinasse et des produits de queue. *i* sert à indiquer la pression qui règne à l'intérieur de l'appareil ; *r*, *r* sont

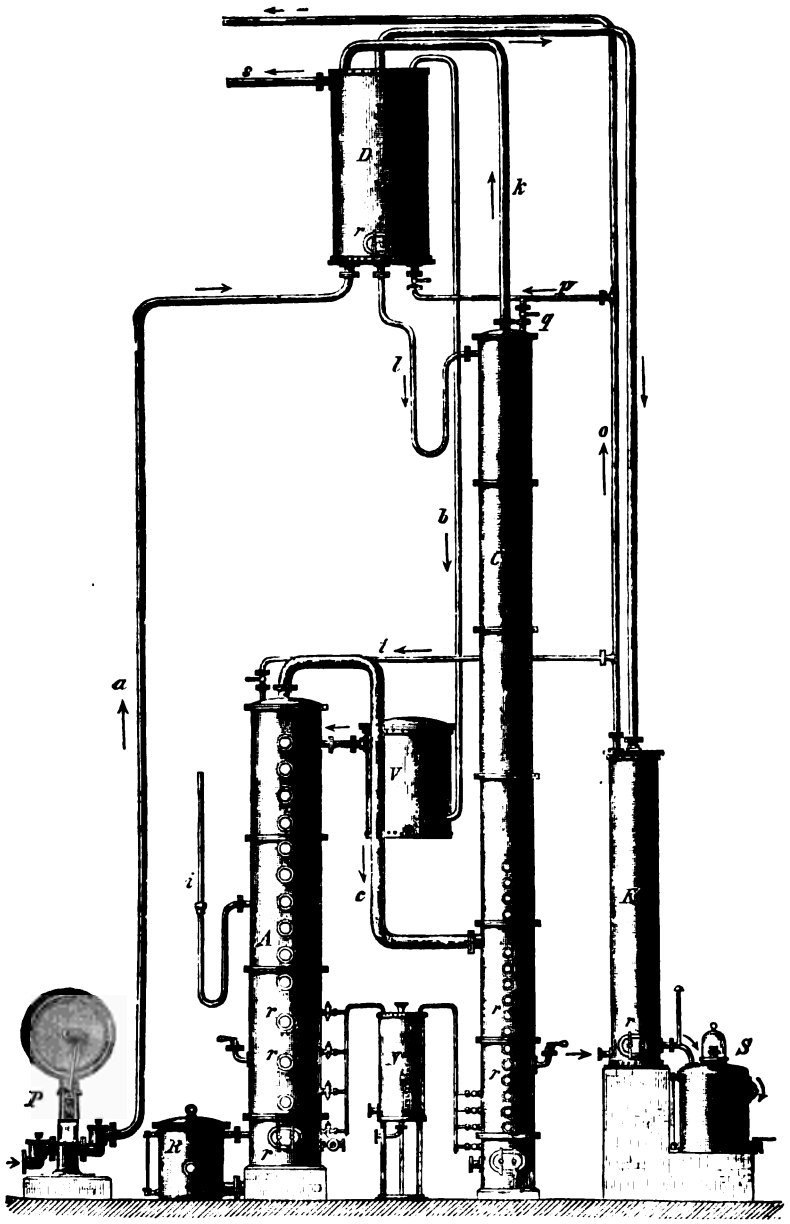


Fig. 121. — Appareil de Heckmann.

des ouvertures par lesquelles on peut introduire la main à l'intérieur de la colonne.

Éprouvette. — Occupons-nous maintenant du dispositif qui est adapté aux réfrigérants de tous les appareils distillatoires et qui sert pour contrôler à tout instant l'écoulement de l'alcool; on donne à ce dispositif le nom d'*éprouvette.*

La figure 122 représente une éprouvette ordinaire en laiton avec cloche de verre. L'alcool venant du réfrigérant entre par le tuyau latéral de droite, il monte dans l'autre branche, s'échappe par son

Fig. 122.
Eprouvette ordinaire.

Fig. 123.
Récipient à alcool avec éprouvette.

orifice supérieur disposé en forme de gouttière et s'écoule par le tube de gauche. Dans le tube que recouvre la cloche flotte l'alcoomètre destiné à contrôler la force du produit. Un tube de sûreté recouvert d'un capuchon permet le dégagement de l'air de l'appareil distillatoire et du réfrigérant, ainsi que de l'acide carbonique provenant du moût ; sans ce tube, l'air et l'acide carbonique passeraient dans le tube coudé et projetteraient le distillatum avec l'alcoomètre, qui serait alors brisé.

La figure 123 représente l'éprouvette combinée avec un récipient en cuivre, qui sert pour mesurer la quantité d'alcool obtenue et

qui peut être construit dans toutes les dimensions, suivant les besoins de la distillerie.

La figure 124 montre une éprouvette disposée d'après les prescriptions de la loi actuellement en vigueur en Allemagne. D'après ce qui vient d'être dit, le dessin n'a besoin d'aucune explication.

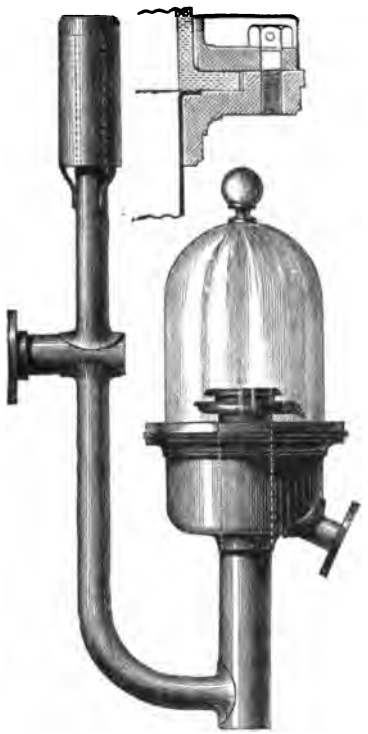


Fig. 124. — Disposition de l'éprouvette légale allemande.

[Nous ne ferons que mentionner ici l'éprouvette Savalle ordinairement employée en France, sa description devant être donnée plus loin à propos des appareils de ce constructeur.]

Avantages des appareils continus. Si l'on compare les appareils à chaudières dits périodiques avec les appareils continus, on trouve en faveur de ces derniers les avantages suivants :

1° Ils permettent de distiller le moût beaucoup plus rapidement que les appareils à chaudières et, par suite de cela, ils consomment moins de vapeur, c'est-à-dire de combustible ;

2° Ils fournissent en général un distillatum avec un degré plus élevé.

Mais le service et le maniement des appareils continus exigent beaucoup plus d'attention et de pratique que la conduite des appareils à chaudières. Il arrive assez souvent que la vinasse sortant d'appareils continus renferme encore de petites quantités d'alcool, ce qui ne se produit jamais avec les appareils périodiques à deux chaudières, mais assez fréquemment avec ceux à une seule chaudière.

Lorsqu'on achète de nouveaux appareils distillatoires, le mieux est de toujours choisir pour les petites usines (jusqu'à 2000 litres de capacité de cuve par jour) un appareil périodique *à deux chaudières*, avec lequel, sa construction et son maniement ne laissant rien à

désirer, on peut compter sûrement sur une désalcoolisation complète de la vinasse et des produits de queue, ce qui, je le répète, est beaucoup moins fréquent avec des appareils à une seule chaudière. Avec ces derniers, la distillation doit être conduite avec les plus grandes précautions, et il ne faut jamais négliger de contrôler fréquemment la vinasse et les produits de queue. En outre, il faut donner la préférence aux dispositifs qui permettent d'envoyer séparément à l'égout ces derniers produits, par conséquent de ne pas les réunir à la vinasse. Mais il faut éviter les appareils à chaudières, dans lesquels le récipient des produits de queue n'est pas chauffé par un tube de vapeur particulier. Si alors ce récipient a un tuyau de vidange conduisant directement à l'égout, il en résulte fréquemment des pertes d'acool, dont le plus souvent on ne se doute pas.

Si l'on veut obtenir un distillatum aussi riche que possible en alcool, on établit un appareil à deux chaudières avec colonne à produits de queue[1] et une colonne à rectification juxtaposées et un grand déflegmateur (voy. fig. 118).

Relativement à l'acquisition des appareils continus, il faut, ce qui est encore plus important que pour les appareils périodiques, s'adresser à des fabriques sûres et renommées, qui savent établir une construction exactement suivant les règles. En outre, il faut se faire garantir une distillation parfaite, c'est-à-dire l'absence complète d'alcool dans les produits de queue et dans la vinasse, ainsi que la force moyenne du distillatum et le délai nécessaire pour la distillation d'un hectolitre de moût. En même temps, il ne faut pas oublier que la distillation du moût doit être terminée dans un espace de temps égal à celui qu'exige la préparation du moût frais. Toute la distillation peut alors être effectuée avec la vapeur des machines.

[Les appareils distillatoires continus, dont il a été question jusqu'ici, ne sont guère employés qu'en Allemagne; nous allons maintenant nous occuper de ceux qui sont généralement usités *en France*.]

[1] [Ces produits, dont il a été fréquemment question, ne sont autre chose que les huiles de fousel mêlées avec de l'eau ; ils sont désignés en Allemagne sous le nom de *Lutter* (voy. Chap. IX, *Purification ou raffinage de l'alcool brut*).]

Appareils Egrot. — Parmi les appareils construits par Egrot, les plus petits, dans lesquels on peut traiter jusqu'à 300 hectolitres

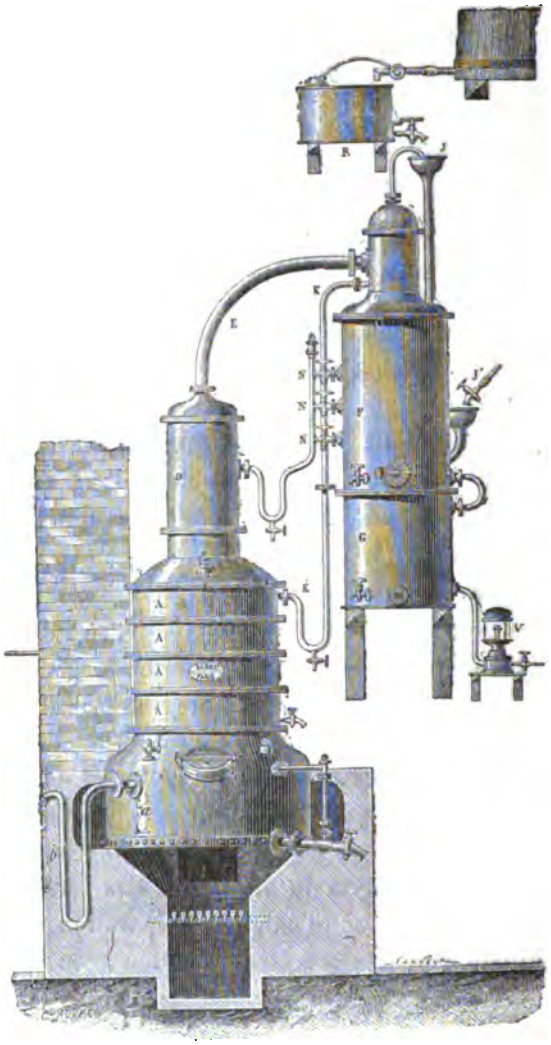


Fig. 125. — Appareil Egrot avec chauffage à feu nu.

par vingt-quatre heures, peuvent être chauffés à feu nu ou à la vapeur, et les grands, de 300 à 1 000 hectolitres, à la vapeur seulement.

La figure 125 représente un *appareil avec chauffage à feu nu.*

a est la chaudière (en cuivre), de laquelle la vinasse épuisée s'écoule sans interruption par le tube-siphon *b*. A est la colonne de distillation, formée de quatre à six plateaux, D la colonne de rectification, E le tube amenant les vapeurs au serpentin réfrigérant, qui se trouve dans le chauffe-vin F; G est le réfrigérant, V l'éprouvette de sortie de l'alcool condensé, K le tuyau établissant la communication entre le chauffe-vin et le premier plateau; N est le tube de rétrogradation avec robinets conduisant à la colonne de rectification D; R est le bac régulateur de l'écou-

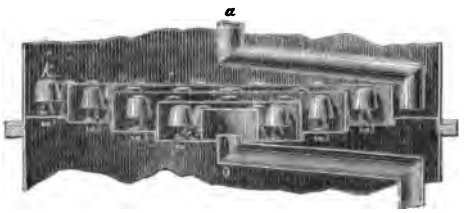


Fig. 126. — Plateau Egrot; coupe verticale.

lement du moût, J l'entonnoir d'entrée du moût et J' l'entonnoir d'entrée de l'eau de réfrigération.

Les plateaux dont se compose la colonne de distillation A offrent une disposition toute particulière, qui est représentée en coupe verticale et en plan par les figures 126 et 127. Le moût arrivant d'un plateau supérieur par le tuyau *a* parcourt dans le sens des flèches l'anneau extérieur *a b*, descend en *c* et parcourt en sens inverse *c d*. Il suit de même les quatre anneaux concentriques disposés les uns au-dessus des autres, comme le montre la figure 126. Enfin, arrivé au centre du plateau, en O, le moût descend sur le plateau inférieur, où il recommence une circulation semblable. La surface du plateau est, comme on le voit, utilisée de telle sorte que le moût y parcourt un chemin très long; en outre, la disposition en cascade lui permet d'effectuer ce long parcours avec une grande régularité de niveau; enfin, les nombreux petits bouilleurs K, interposés sur le passage du liquide, le divisent, le brassent et assurent son contact intime sur les vapeurs montantes.

Pour mettre l'appareil en activité, on ouvre le robinet du bac R et on laisse le moût s'écouler par J dans le réfrigérant G, le chauffe-vin F et sur les plateaux de la colonne A, sans le laisser

pénétrer jusque dans la chaudière *a*, si l'on distille à feu nu. On remplit alors *a* avec de l'eau ; mais si l'on travaille à la vapeur, on laisse aussi le moût arriver en *a*. Le mode de fonctionnement de l'appareil est maintenant facile à comprendre, d'après la description qui vient d'en être donnée. Il permet d'obtenir des produits dont on peut faire varier le degré depuis 60 jusqu'à 80°. Le moût ne reste dans la colonne de distillation que dix à quinze minutes.

Cet appareil offre les avantages suivants : Il prend peu de place et comme il ne se compose que d'un petit nombre de pièces, il est

Fig. 127. — Plateau Egrot; plan.

facile à monter partout; n'offrant à l'air ambiant qu'une surface peu étendue, le refroidissement produit par ce dernier est peu considérable et par suite la consommation de combustible n'est pas très élevée. Les plateaux qui forment la colonne n'étant jamais bien nombreux (quatre à six suivant la force du produit que l'on veut obtenir), la pression à surmonter est peu considérable, ce qui permet un travail plus régulier, une production meilleure et moins d'entraînement de moût vers l'appareil réfrigérant. Lorsqu'on veut obtenir un alcool concentré (80°), ainsi que lorsque le moût est très riche en alcool (10 à 12 p. 100), il faut augmenter de un ou deux le nombre des plateaux de distillation.

La figure 128 représente un appareil Egrot *avec chauffage à la*

vapeur, qui permet de produire de premier jet des alcools à 85-90° G.-L. ; pour cela, il a fallu ajouter à l'appareil précédent le cha-

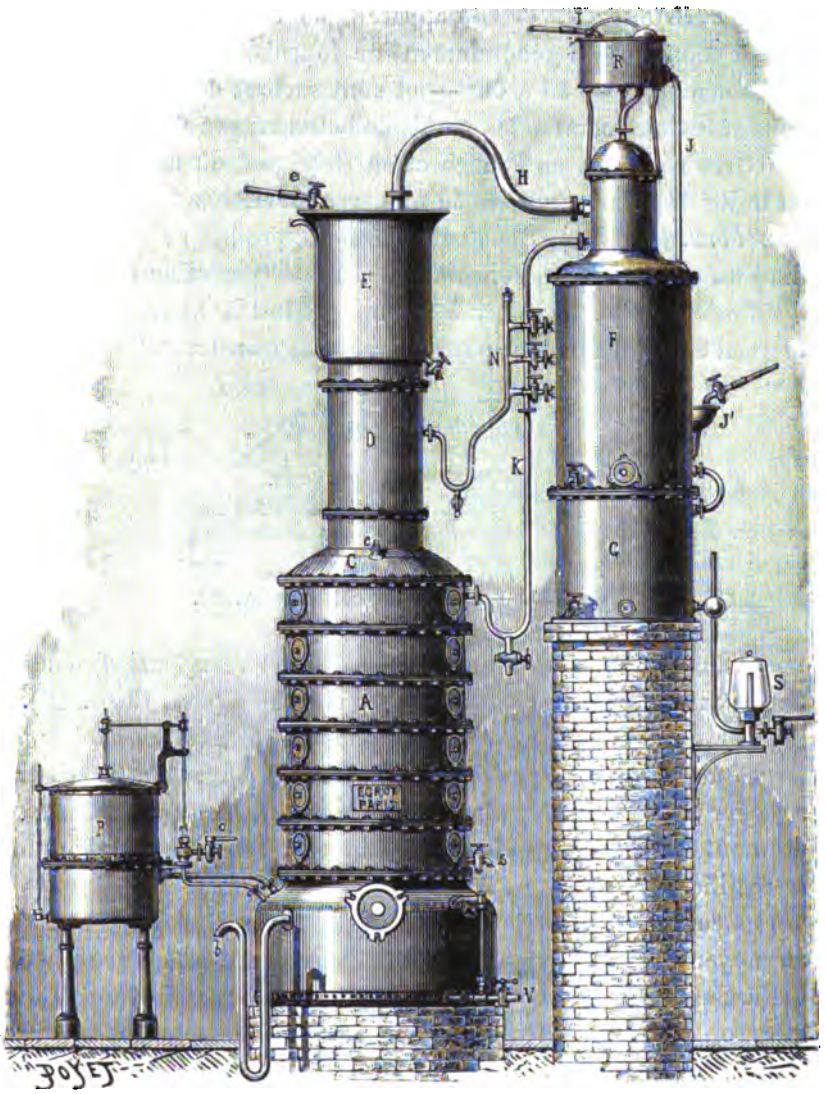


Fig. 128. — Appareil Egrot avec chauffage à la vapeur.

piteau rectificateur E, dont le fonctionnement nécessite un petit courant d'eau amené par le robinet *e*. P est un régulateur de

vapeur[1], au moyen duquel le chauffage par la vapeur, amenée par un serpentin ou un barboteur, est obtenu absolument uniforme.

Appareils Savalle. — Les appareils de SAVALLE sont des appareils à colonne, qui généralement ne fournissent que des alcools peu concentrés — 45 à 60° — et sont surtout destinés au travail de moûts clairs comme les moûts de betteraves et de mélasses. Ils sont très répandus en France et en Belgique, où le plus souvent on traite de grandes masses de matières premières seulement pour *alcool brut* (*flegmes*). Sous cette forme le produit ne peut pas être livré au commerce, ni consommé, et il est généralement, dans la distillerie même, transformé en un produit à haut degré commercial et consommable ; pour opérer cette transformation, on sou-

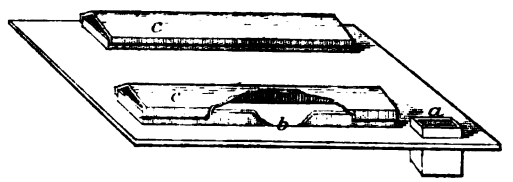


Fig. 129. — Plateau des colonnes Savalle.

met l'alcool brut à une nouvelle distillation (*rectification*), combinée avec une épuration physique ou chimique (voy. Chap. IX).

Pour ce mode de travail, les appareils de SAVALLE sont supérieurs aux autres dispositifs. Ils permettent, avec un travail très régulier et très sûr, d'épuiser complètement de très grandes masses de moût et ils fournissent un produit tout à fait convenable pour la rectification.

Les colonnes distillatoires des appareils SAVALLE sont chauffées au moyen de vapeur introduite dans leur partie inférieure et dont l'afflux est réglé au moyen du régulateur automatique dont il sera question plus loin. Elles se composent d'éléments ou plateaux rec-

[1] [Il existe actuellement un certain nombre de régulateurs de vapeur se rapprochant tous plus ou moins du système SAVALLE, qui sera décrit plus loin. Indépendamment du régulateur EGROT, mentionné plus haut, nous citerons ceux de BARBET, de P. KYLL et de E. GUILLAUME (ce dernier construit par EGROT et GRANGÉ). E. GUILLAUME a également imaginé un régulateur automatique de l'arrivée de l'eau aux réfrigérants et un appareil analogue pour régler l'arrivée du moût dans les appareils distillatoires.]

tangulaires, au nombre de 15 à 25, suivant la destination de l'appareil. Chaque plateau (fig. 129) retient une certaine hauteur de moût réglée par un trop-plein *a* et, comme ce dernier plonge dans le liquide du plateau inférieur, les vapeurs plus ou moins alcooliques formées dans un tronçon de la colonne ne peuvent arriver au tronçon supérieur par le tube de trop-plein; elles s'échappent alors par des orifices longitudinaux *b*, s'élevant un peu au-dessus du niveau des trop-pleins, orifices qui sont recouverts de calottes longitudinales *c* en forme de toits, dont les bords plongent dans le liquide recouvrant le plateau. Les vapeurs, avant de s'échapper, sont par suite forcées de passer à travers le liquide, où elles entretiennent l'ébullition et s'enrichissent un peu en alcool avant de pénétrer dans le tronçon immédiatement supérieur, et ainsi de suite.

Maintenant, supposons la colonne pleine de moût, c'est-à-dire chaque plateau recouvert jusqu'au niveau du trop-plein. La vapeur, qui arrive au bas de la colonne, porte à l'ébullition le moût contenu dans le tronçon inférieur; les vapeurs alcooliques faibles qui y sont ainsi produites passent dans le tronçon immédiatement supérieur, y provoquant à leur tour l'ébullition, s'enrichissent de l'alcool du moût qui s'y trouve et ainsi de suite de plateau en plateau, jusqu'à ce que les vapeurs parvenues à la partie supérieure de la colonne, passent de celles-ci dans le réfrigérant. Le moût contenu dans les tronçons s'est appauvri successivement, celui du plateau inférieur ne renferme même plus du tout d'alcool (vinasse). On fait alors arriver d'autre moût à la partie supérieure de la colonne; ce moût descend de plateau en plateau par les tubes de trop-plein, déplace celui qui s'y trouvait primitivement et force la vinasse épuisée du dernier tronçon à abandonner ce dernier. Les vapeurs alcooliques, dans leur mouvement ascendant de plateau en plateau, traversent donc du moût de plus en plus riche, tandis que ce liquide va au contraire en s'appauvrissant dans son mouvement en sens inverse. L'alimentation de l'appareil doit donc être réglée de façon que la quantité de moût introduite dans la colonne ne soit pas trop abondante et que son passage soit assez lent pour obtenir l'épuisement complet de la vinasse.

Le *régulateur automatique de chauffage* des appareils Savalle est représenté en coupe verticale par la figure 130. Son organe

principal est un flotteur C, qui a pour fonction d'ouvrir et de fermer un robinet de vapeur E, adapté sur les tuyaux amenant la vapeur de chauffage des colonnes. On verse de l'eau froide dans la

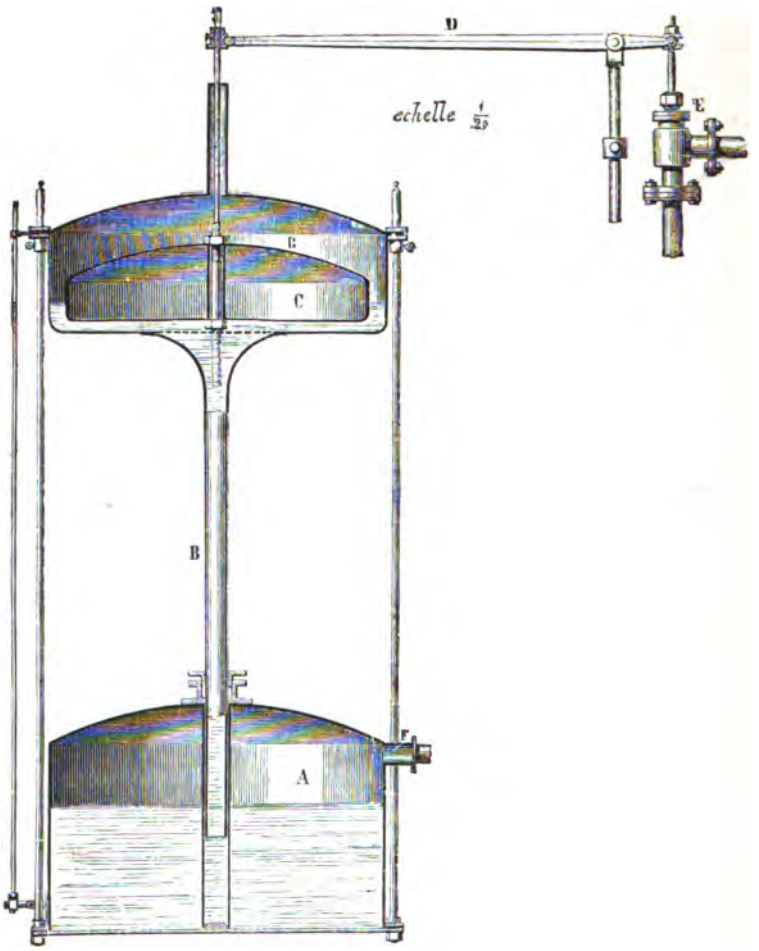


Fig. 130. — Régulateur automatique de vapeur, système Savalle.

bâche inférieure A, jusqu'au niveau de la tubulure F, par laquelle la pression de la vapeur dans l'appareil à régler se transmet au régulateur, par laquelle s'échappe aussi le trop-plein d'eau de A. Afin d'assurer toute sécurité au régulateur, on a ménagé en A une chambre d'air, qui forme matelas entre la vapeur de pression et la couche d'eau ; sous cette pression, l'eau monte par le tube B dans

la bâche supérieure, soulève à un moment donné le flotteur C et met en jeu le levier P, qui ouvre ou ferme la soupape du robinet distributeur E.

L'*éprouvette* par où s'écoule l'alcool offre une disposition ingénieuse, que nous allons indiquer avec quelques détails ; elle constitue le complément indispensable de tous les appareils à distillation continue, ainsi que des appareils de rectification. Le dispositif imaginé par D. Savalle et appelé par lui *éprouvette-jauge* a pour

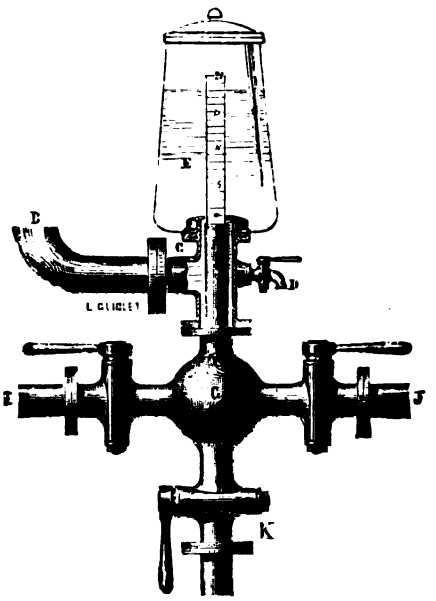


Fig. 131. — Eprouvette Savalle.

principe l'écoulement différentiel, par un orifice donné, des liquides soumis à des pressions différentes. L'appareil, muni d'un thermomètre et d'un alcoomètre, indique en même temps au distillateur la température, le degré, la vitesse d'écoulement de l'alcool et, dans le cas où il est appliqué à un rectificateur, le moment où le produit doit être goûté, afin d'en opérer le fractionnement. La figure 131 représente la disposition de cet appareil, dont voici le mode de fonctionnement.

L'alcool arrivant du réfrigérant par le tube B emplit d'abord la tubulure C, autour du tube gradué F, baigne le robinet de dégusta-

tion D et monte pour se déverser graduellement par l'orifice d'écoulement pratiqué en F sur le tube gradué. Cet orifice est fixe pour un même appareil et se trouve, une fois pour toutes réglé lors de la mise en marche ; mais il doit nécessairement varier avec le débit des différents appareils, et, en se rappelant que pour un débit de 100 lit. à l'heure, la section de l'orifice d'écoulement représente 15 mm², on pourra facilement calculer la grandeur à donner à cet orifice pour chaque appareil. N'ayant qu'une section d'ouverture restreinte, le jet d'alcool ne peut passer en entier que si la pression l'y oblige. Le niveau du liquide s'élève alors dans l'éprouvette jusqu'au point où la pression qu'il exerce sur l'orifice d'écoulement devient assez forte pour faire débiter à l'orifice le volume de l'alcool qui arrive. Le niveau du liquide de l'éprouvette subit ainsi des variations que l'on constate sur la graduation, dont chaque division correspond à un volume différent et indique la quantité d'alcool écoulée par heure.

De l'éprouvette, les alcools se rendent dans un réservoir de distribution G, muni de trois robinets, au moyen desquels on opère le fractionnement des produits (lorsqu'il s'agit d'une rectification de flegmes). Le robinet K communique avec le réservoir destiné aux alcools mauvais goût ; par I on évacue les alcools secondaires et par J les alcools bon goût. En plongeant dans l'éprouvette un alcoomètre et un thermomètre, on pourra à chaque instant se rendre compte du degré et de la température de l'alcool qui passe à la distillation.

La figure 132 représente un appareil Savalle, construit en fer ou en cuivre, suivant la nature des moûts à distiller, et qui donne un produit à 45-60° Gay-Lussac. Dans cet appareil, la vapeur de chauffage est introduite directement à la partie inférieure de la colonne, et l'eau résultant de sa condensation vient se mélanger avec les vinasses et les diluer.

Pour éviter cette dilution dont les inconvénients se font surtout sentir lorsqu'on distille des mélasses, dont les vinasses doivent être évaporées en vue de leur traitement pour sels potassiques, Savalle a imaginé un dispositif dans lequel les vapeurs produites par chauffage, dans un système tubulaire, des vinasses sortant de la colonne sont employées au chauffage de celle-ci. Ce dispositif, qui est repré-

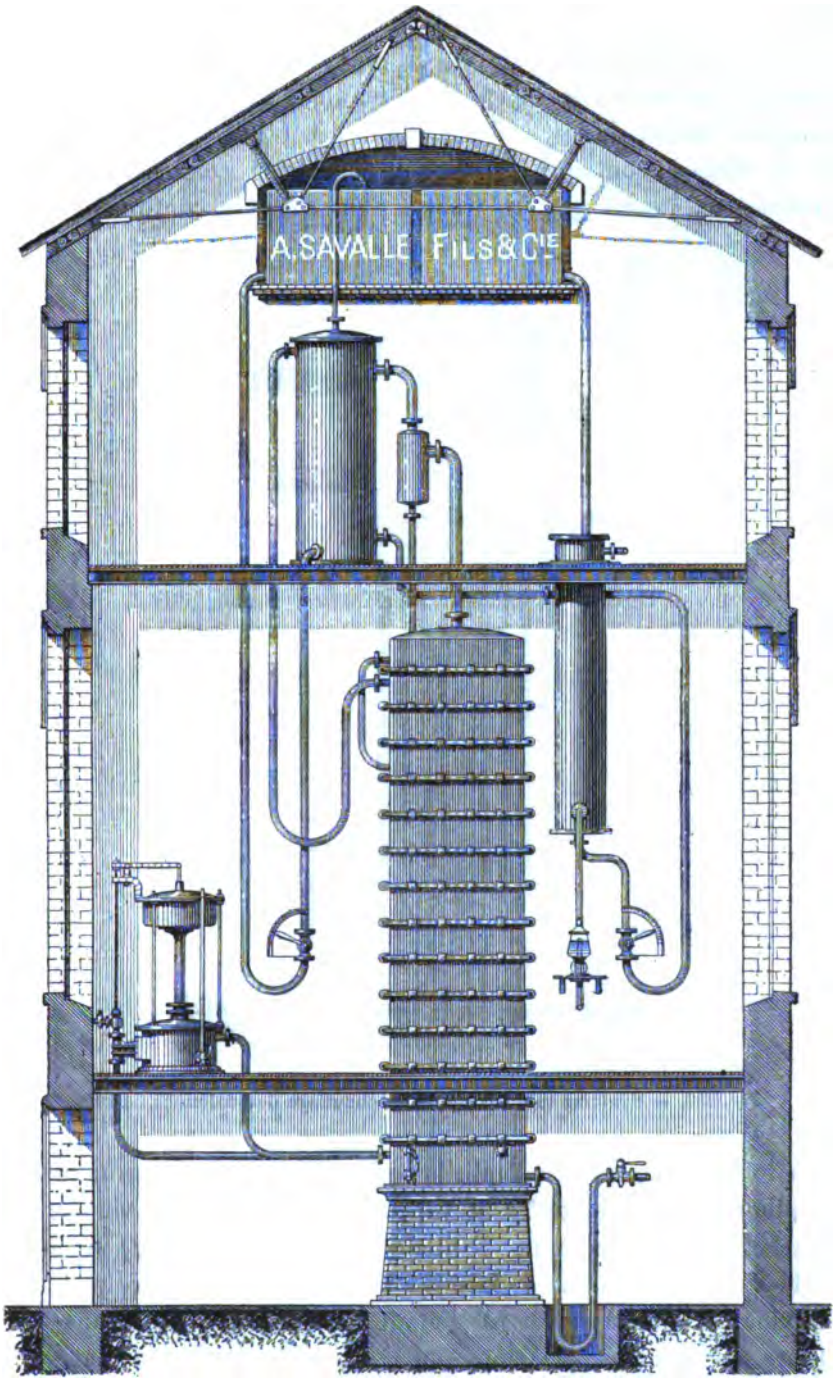


Fig. 132. — Appareil Savalle à colonne rectangulaire.

senté en section verticale par la figure 133, fonctionne de la manière suivante : la vapeur du générateur arrivant par le tube *i* se jette autour de la paroi extérieure des tubes, cède sa chaleur à la vinasse contenue dans ceux-ci et sort condensée par le robinet 8, tandis que la vinasse, qui s'écoule continuellement

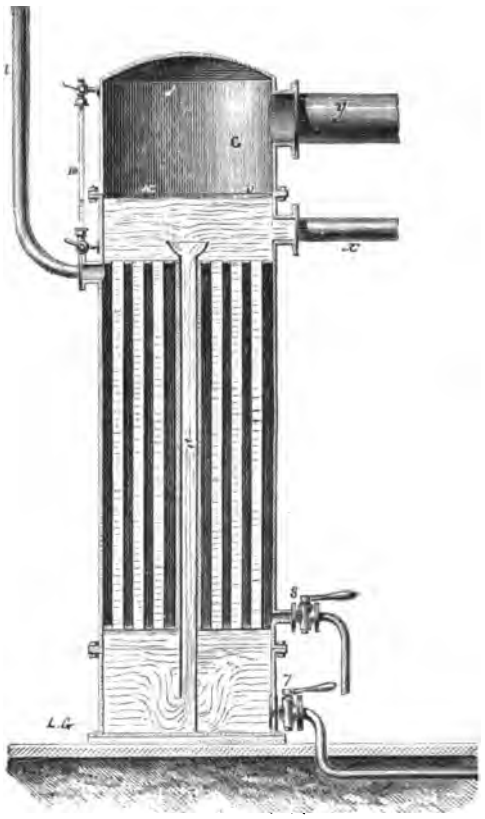


Fig. 133. — Système tubulaire pour le chauffage des colonnes Savalle.

par le tuyau *x*, vient remplir la série tubulaire et sort sans interruption par le robinet 7; les vapeurs produites par la vinasse se rendent dans la colonne distillatoire par le conduit *y;* un gros tube *z*, établi au milieu du faisceau tubulaire, aide la circulation de la vinasse, qui est élevée par l'ébullition à la partie supérieure des tubes et ramenée par l'entonnoir et le tube *z* dans le réservoir inférieur.

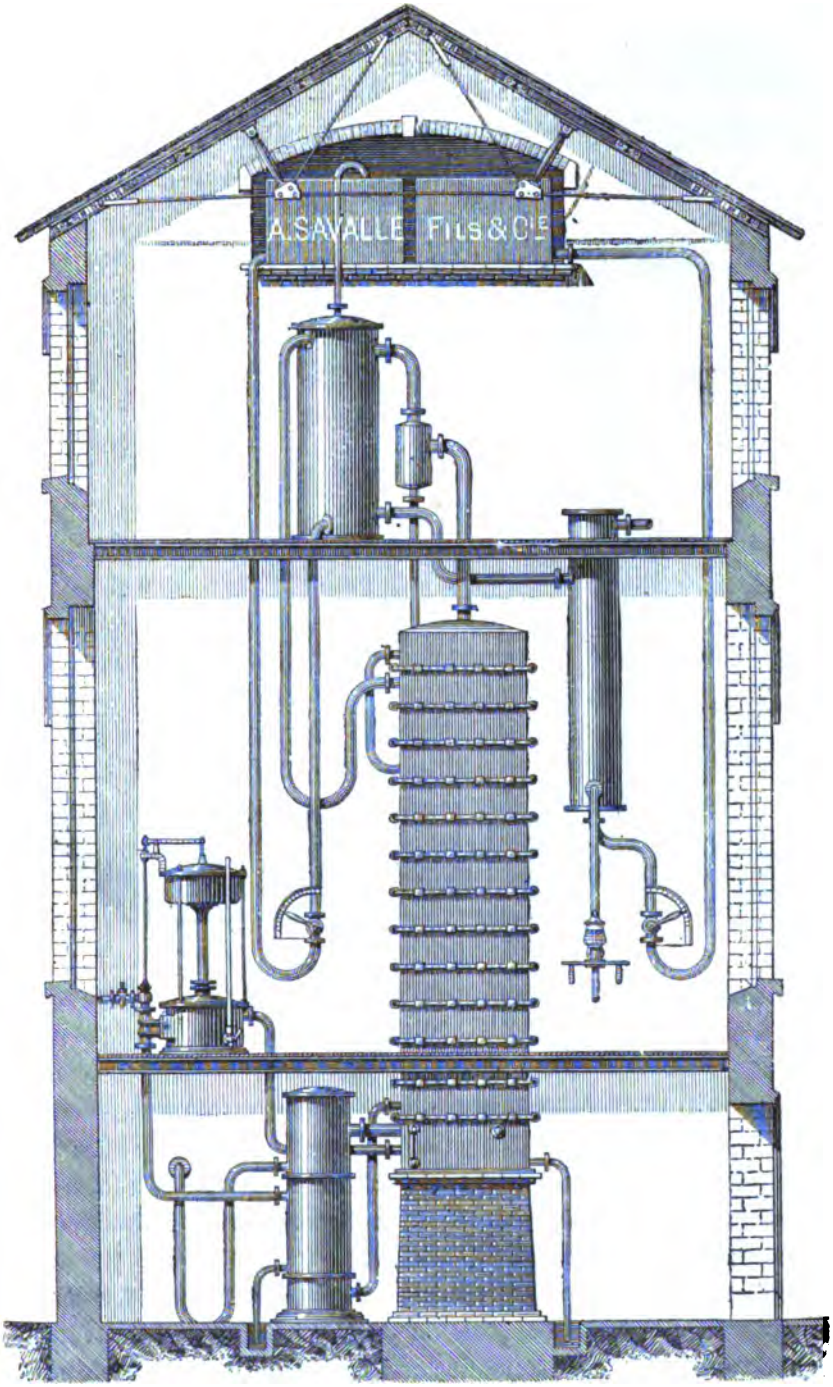


Fig. 134. — Appareil Savalle avec système tubulaire de chauffage.

L'indicateur de niveau 10 permet de se rendre compte de la hauteur de la vinasse dans le réservoir G.

La figure 134 représente un appareil avec système tubulaire de

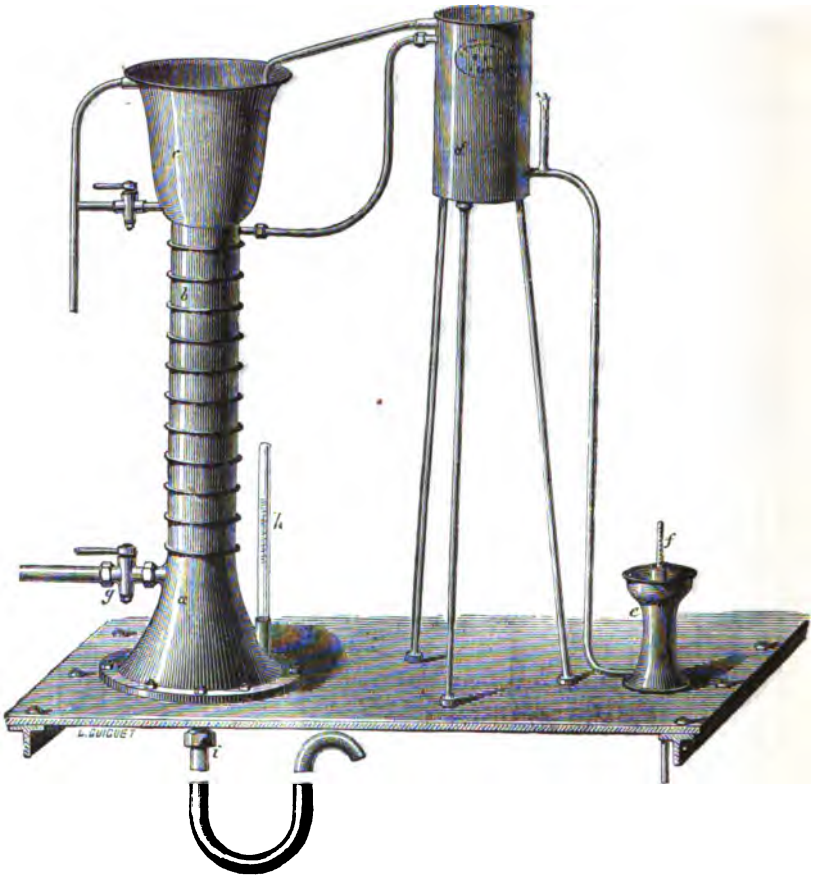


Fig. 135. — Appareil pour le contrôle continu des vinasses.

chauffage ; cet appareil ne donne également que de l'alcool à 45-60° et, comme celle du précédent, sa disposition est facile à comprendre sans une description spéciale.

Savalle construit également des appareils distillatoires à colonne rectangulaire, à l'aide desquels on peut obtenir des produits marquant 90 à 95° G.-L. Il établit aussi des dispositifs spéciaux pour

la distillation des moûts épais, avec récupération de la chaleur des vinasses.

Avec les appareils à distillation continue, il est indispensable d'essayer fréquemment les vinasses sortant des colonnes, afin de s'assurer si leur épuisement est bien complet. C'est ce que l'on peut faire en distillant une certaine quantité de vinasse dans les appareils dont il sera question dans le Chapitre XI, à propos de la détermination de la richesse alcoolique des moûts fermentés. Mais il est toujours préférable de se servir pour cet essai du dispositif imaginé par Savalle, lequel permet un *contrôle continu*, sans aucune manipulation, puisqu'il suffit d'y faire arriver la vapeur des vinasses à la sortie des colonnes.

Ce dispositif peut être établi à côté de tout appareil distillatoire ; il est représenté par la figure 135. *a b* est une petite colonne rectificatrice, dans laquelle en fait arriver, par le robinet *g*, la vapeur des vinasses. Cette vapeur s'analyse en traversant la colonne *a b* et une sorte de chauffe-vin, disposé dans un vase plein d'eau *c*, qu'on laisse chauffer de façon à régler la vitesse de la distillation ; *d* est un réfrigérant pour la condensation des vapeurs et *e* l'éprouvette dans laquelle on plonge l'alcoomètre *f*. Un petit tube manométrique *h* indique la pression dans l'appareil. Les liquides condensés dans la colonne s'écoulent au dehors par le siphon *i*.

Appareil Champonnois. — La figure 136 représente cet appareil tel qu'il est actuellement construit par P. Barbier. La colonne distillatoire, qui est en fonte, se compose de plateaux munis au centre d'une ouverture *a* (fig. 137), recouverte par une calotte *c*, se prolongeant horizontalement sous forme d'une étoile à six branches *i;* chacune de ces branches est soutenue à quelques centimètres du plateau au moyen d'un rebord dentelé *o*. Grâce à cette disposition, la vapeur qui ne s'est pas condensée sur la face inférieure de la calotte est obligée pour passer dans l'espace compris entre le plateau qu'elle traverse et celui qui se trouve immédiatement au-dessus de barboter à travers les dentelures des branches de la calotte. A la partie supérieure de la colonne et occupant la hauteur de trois ou quatre plateaux, on a établi un analyseur consistant en une série de tubes de cuivre verticaux et à section elliptique ; cet

analyseur concentre les vapeurs alcooliques qui s'échappent de la

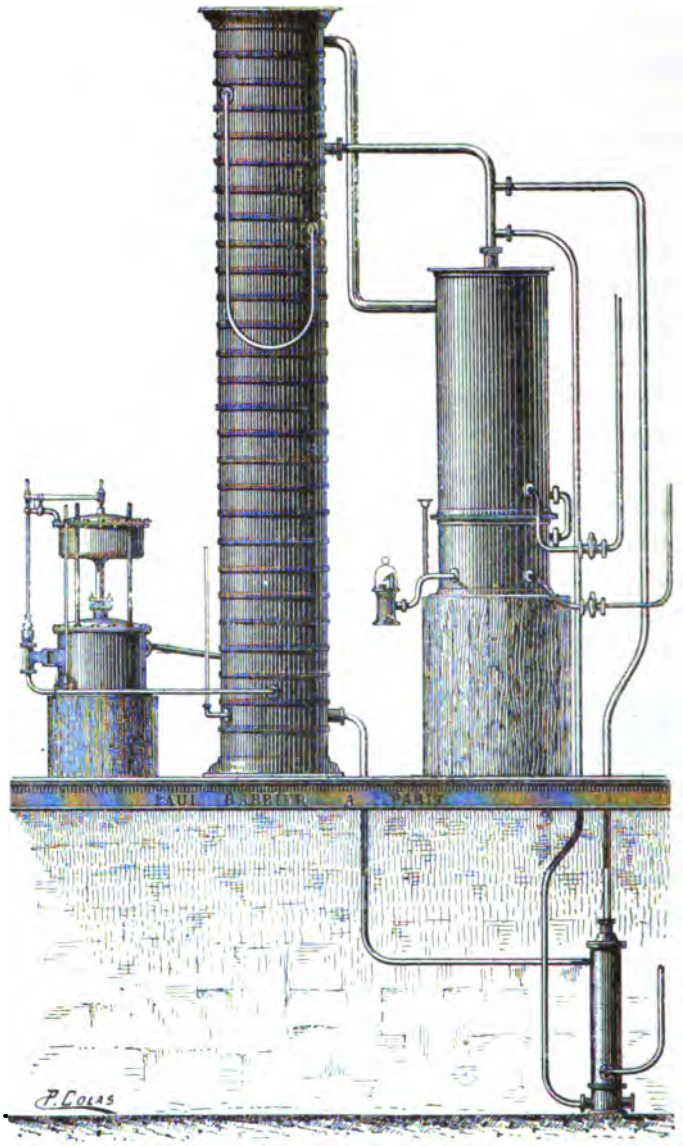


Fig. 136. — Appareil Champonnois.

colonne et circulent à l'intérieur des tubes avant de passer dans le réfrigérant.

Le dispositif de chauffage, qui se trouve à la partie inférieure de la colonne, consiste en une série de tubes horizontaux recourbés en U, à l'intérieur desquels circule de la vapeur, et l'eau de condensation de celle-ci, retournant directement au générateur, on évite ainsi la dilution de la vinasse.

Le moût à distiller pénètre d'abord dans le réfrigérant par sa partie inférieure; il en sort ensuite, après s'être échauffé par la partie supérieure; de là, il se rend dans un dispositif analogue, dans les tubes duquel circule la vinasse sortant de la colonne; la vinasse est ainsi refroidie à la température de 60° et peut alors être immédiatement envoyée aux cuves de macération; du réfrigirant à vinasses (qui se trouve en bas et à droite dans la figure), le moût remonte par un tuyau vertical, qui le conduit dans l'analyseur extérieurement autour des tubes traversés par les vapeurs alcooliques et par un tube recourbé, que l'on voit à la partie supérieure de la colonne, il pénètre dans celle-ci vers le cinquième ou le sixième plateau; puis (descendant de plateau en plateau par les tubes de trop-plein *b*, fig. 137) il arrive finalement au bas de la colonne à l'état de vinasse, c'est-à-dire dépouillé de son alcool, tandis que les vapeurs alcooliques se rendent au réfrigérant, où elles se condensent et coulent à l'éprouvette.

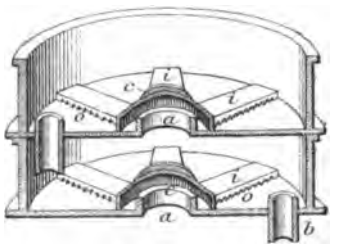


Fig. 137. — Plateaux des colonnes Champonnois.

On peut avec cet appareil obtenir des flegmes marquant jusqu'à 85° G.-L.

Appareil Collette. — Cet appareil est spécialement construit pour la *distillation des moûts épais;* il est représenté par la figure 138. Sa colonne distillatoire se compose d'une série de plateaux rectangulaires A, A, A, disposés en chicane; chaque plateau est fixé par trois de ses côtés sur la paroi de la colonne, le quatrième côté restant libre et son bord étant distant de plusieurs centimètres de la paroi qui se trouve vis-à-vis de lui; en outre, ce côté est terminé par une lame de cuivre repliée verticalement par en bas et dentelée sur toute sa longueur. Chacun des plateaux est percé d'un grand

nombre de trous, jusqu'à la ligne qui correspond à la lame dentelée du plateau supérieur.

Le moût à distiller, déversé au sommet de la colonne, coule

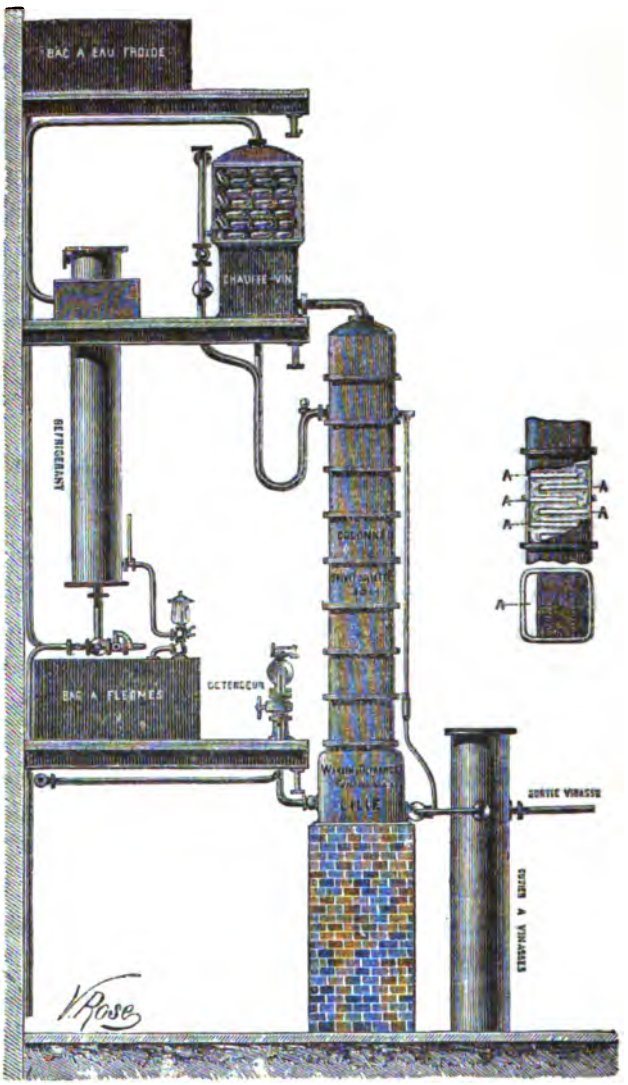


Fig. 138. — Appareil Collette pour la distillation des moûts épais.

sur le premier plateau, tombe à son extrémité et arrive sur le plateau immédiatement inférieur, d'où il tombe comme du premier

sur le troisième plateau, et ainsi de suite jusqu'au bas de la colonne, où il arrive finalement épuisé d'alcool. Les vapeurs produites par un plateau traversent le trou du plateau qui lui est immédiatement supérieur et viennent barboter à travers le liquide qui le recouvre.

Le fonctionnement de l'appareil est automatique. Celui-ci est muni d'un régulateur à vapeur, d'un régulateur de sortie des vinasses, d'un chauffe-vin, d'un épurateur et d'un dispositif permettant de vérifier le degré d'épuisement des vinasses. Il donne des flegmes à haut degré et d'une parfaite limpidité.

Suivant Warein et Defrance, les constructeurs de l'appareil, ce dernier n'exigerait qu'une dépense de 120 kg. de charbon par hectolitre d'alcool pour tout le travail, depuis le maïs en grains jusqu'à l'alcool expédié.

Appareil horizontal Sorel. — Cet appareil (fig. 139) est construit spécialement pour la *distillation des moûts épais*. Il diffère, comme on le voit, de ceux qui viennent d'être décrits en ce que la colonne distillatoire, au lieu d'être verticale, est établie horizontalement; les obstructions sont ainsi rendues moins faciles et l'appareil peut être établi dans un local peu élevé.

Le fonctionnement du dispositif en question est basé sur ce fait, qu'un liquide chaud étalé en couches minces en contact avec un courant de vapeurs alcooliques se met immédiatement en équilibre avec elles, et la vapeur du courant prend la composition de celle qui se dégage du liquide.

La colonne horizontale Sorel est disposée intérieurement de la manière suivante :

Un cylindre horizontal est divisé en deux parties par un joint horizontal passant par l'axe; chaque moitié est subdivisée en une vingtaine de compartiments par des cloisons transversales, formant, une fois la colonne montée, autant de chambres; les cloisons inférieures sont munies alternativement à droite et à gauche d'échancrures permettant la circulation des liquides et d'orifices ronds pour le passage des arbres.

Un ou plusieurs arbres parallèles à l'axe portent chacun un disque dans chaque chambre; ce disque est muni d'une palette

qui passe à une distance très faible des cloisons et du cylindre, de façon à empêcher tout dépôt. En outre, chaque fois que la palette sort du liquide, elle produit une petite vague, qui oblige le liquide à passer par-dessus l'échancrure de la cloisson dans le compartiment suivant. Il y a donc circulation d'un bout à l'autre de la

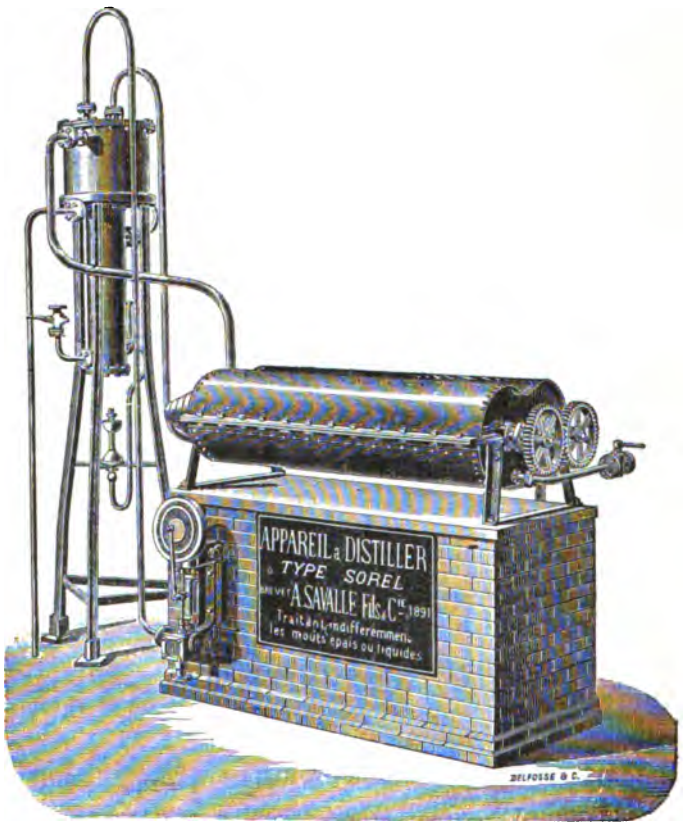


Fig. 139. — Appareil horizontal de Sorel.

colonne, sans que les contenus de deux compartiments successifs puissent se mélanger accidentellement.

La vapeur circule en sens contraire du mouvement des liquides; les obstacles présentés alternativement par les cloisons et par les disques les forcent à lécher leurs surfaces imbibées de liquide, à en vaporiser l'alcool, en un mot à produire l'épuisement.

Cet appareil, qui fonctionne industriellement depuis 1891, est

appliqué avec succès aux moûts épais de pommes de terre ou de grains saccharifiés par le malt. Il produit à volonté une très bonne eau-de-vie ou de l'alcool à fort degré.

Parmi les appareils à distiller les *moûts épais*, nous devons aussi mentionner la *colonne inclinée*, imaginée récemment par E. Guillaume et construite par Egrot et Grangé.

Citons, enfin, l'appareil de E. Barbet, qui forme en quelque sorte le terme de passage aux appareils de rectification.

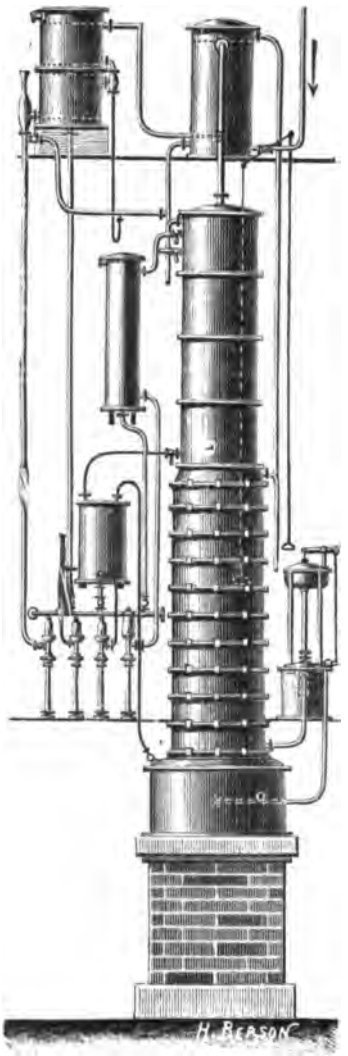


Fig. 140. — Appareil de E. Barbet.

Appareil de E. Barbet. — Cet appareil permet d'obtenir directement un produit à haut degré, avec une pureté suffisante pour n'exiger que peu de dépense pour son raffinage ultérieur. Sa construction a pour point de départ les considérations suivantes :

Les flegmes marquant un degré alcoolique élevé exigent pour leur obtention une dépense de vapeur beaucoup plus grande que les flegmes à bas degré et, étant très impurs, ils ne donnent pas à la rectification un meilleur alcool que ces derniers. Si l'on veut obtenir un résultat industriel correspondant au sacrifice de vapeur, il faut, lors de la distillation, éliminer une grande partie des impuretés (produits de tête et produits de queue). C'est précisément ce que l'on peut faire à l'aide de l'appareil imaginé par E. Barbet.

Dans cet appareil, qui est représenté par la figure 140, les produits de tête sortent par l'éprouvette de gauche dans la proportion

de 2 à 4 ou 6 p. 100; la seconde éprouvette donne l'épreuve de l'épuisement; la troisième sert à l'extraction des huiles amyliques; enfin, la quatrième donne de l'alcool à 95°, presque complètement débarrassé des produits impurs et dont le raffinage ultérieur est ainsi rendu très facile et peu coûteux, car le produit ainsi obtenu

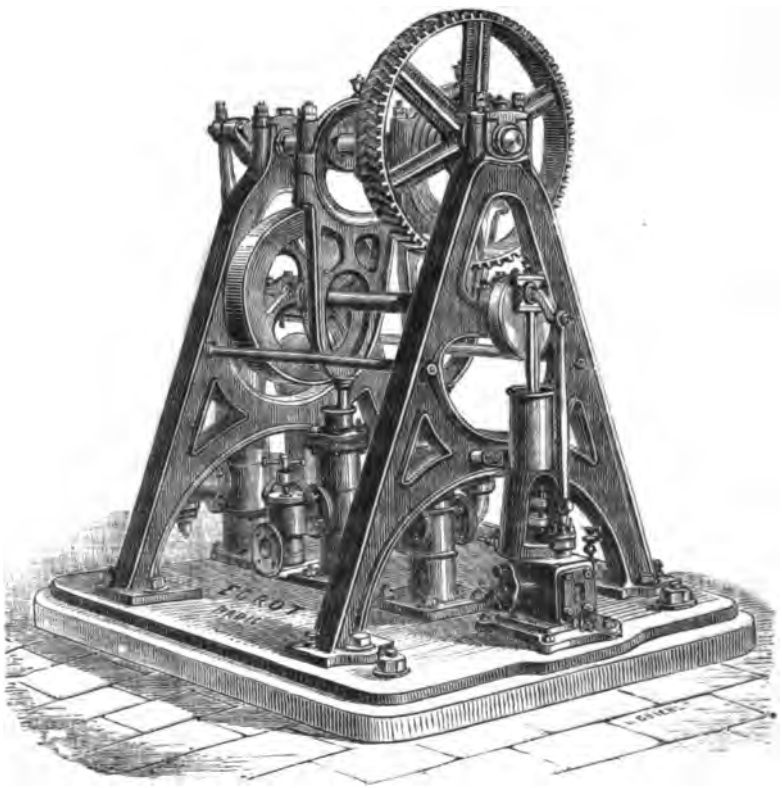


Fig. 141. — Batterie de pompes Egrot, type *America*.

ne conserve plus que son odeur d'origine [1], dont il est facile de le débarrasser à peu de frais par une simple filtration sur le charbon ou une seule rectification.

L'*alimentation des appareils distillatoires* a lieu au moyen de

[1] [S'il s'agissait de vin, de cidre, de fruits ou de canne, l'odeur d'origine, loin d'être un inconvénient, serait au contraire une précieuse qualité; mais quand on distille des betteraves, par exemple, si faible que soit cette odeur, elle constitue un inconvénient qu'il faut faire disparaître.]

pompes de divers systèmes, parmi lesquels nous devons mentionner spécialement la pompe dite *America*, construite par Egrot (fig. 141), qui comprend, réunies sur un bâti unique, toutes les pompes nécessaires à une distillerie et le moteur à vapeur qui les commande. La batterie se compose d'une pompe à eau en fonte, d'une pompe à moût en bronze et d'une pompe à jus fermenté également en bronze, pouvant fonctionner ensemble ou séparément.]

CHAPITRE IX[1]

PURIFICATION OU RAFFINAGE DE L'ALCOOL BRUT[2]

Les procédés qui actuellement sont à peu près les seuls usités pour la purification ou le raffinage de l'alcool brut sont la *rectification* et la *filtration sur le charbon*, opérations qui sont d'ailleurs pratiquées successivement et se complètent l'une l'autre.

I. — Généralités.

L'alcool à degré plus ou moins élevé résultant de la distillation des différents moûts fermentés, dans les appareils qui viennent d'être décrits, renferme toujours des quantités plus ou moins grandes d'impuretés, qui le rendent impropre aux usages auxquels il est destiné, et doivent par suite en être éliminées.

Ces impuretés, qui communiquent à l'alcool ainsi obtenu (*alcool brut*, *flegmes*) une saveur et une odeur désagréables, sont désignées sous le nom collectif d'*huiles odorantes*, d'*essences* ou, comme en Allemagne, d'*huiles de fousel* (*Fuselöle*). Elles se composent d'une série de corps qui se sont, pour la plupart, formés pendant la fermentation des moûts et sont passés avec l'alcool à la distillation. Parmi ceux de ces corps qui ont été reconnus jusqu'à présent, les plus importants sont les suivants :

	Points d'ébullition.
Aldéhyde acétique	21°
Alcool propylique	97°
Alcool isopropylique	85°

[1] Ce chapitre n'existe pas dans l'édition allemande.

[2] Dans certains pays, comme en Angleterre et en Allemagne, le raffinage de l'alcool brut est l'objet d'une industrie spéciale, la loi interdisant aux distillateurs de purifier leurs produits ; c'est pour cela qu'en Allemagne on emploie principalement pour la distillation des appareils qui permettent d'obtenir des flegmes à haut degré ; on réalise ainsi une économie considérable sur le transport des alcools

	Points d'ébullition.
Alcool butylique	115°
Ether acétique	74°
Ether butyrique	112°
Acétal	104°
Alcool amylique	132°
Alcool isobutylique	109°
Alcool isoamylique	120°
Furfurol	161°
Ether caproïque	166°
Ether caprilique	208°
Ether caprique	244°

L'examen de ce tableau montre qu'il existe une très grande différence entre les points d'ébullition des différents éléments dont se composent les impuretés de l'alcool brut; ce sont des produits qui, à l'exception de deux (l'aldéhyde et l'éther acétiques), sont moins volatils que l'alcool éthylique (point d'ébullition 78°) et qu'il s'agit d'isoler de ce dernier par *rectification* (voy. p. 451).

Mais ce but ne peut pas être atteint par une seule distillation, car une séparation complète de deux liquides différents est d'autant plus difficile que *leurs points d'ébullition sont plus rapprochés* et qu'ils *sont plus complètement miscibles physiquement.*

En effet, si l'on mélange dans un appareil distillatoire deux liquides ayant des points d'ébullition différents et si l'on fait bouillir le mélange, la distillation de ces deux liquides ne se fait pas successivement et séparément; il passe d'abord une petite quantité du liquide le plus volatil, puis un mélange renfermant une très faible proportion du liquide moins volatil. La distillation continuant, cette proportion va toujours en augmentant, jusqu'à ce que le produit distillé arrive à n'être composé presque exclusivement que du liquide possédant le point d'ébullition le plus élevé.

On voit donc, comme on l'a dit plus haut, qu'une seule distillation ne peut pas donner un *produit pur* (*alcool fin*, *alcool bon goût*, *alcool rectifié* ou *alcool neutre*); ce but ne peut être atteint que par un grand nombre de distillations fractionnées et c'est précisément ce qui a lieu dans les appareils de rectification, où les vapeurs sont condensées dans les colonnes et les condensateurs.

bruts aux usines de raffinage. En France, il n'en est pas de même, la plupart des distilleries raffinent elles-mêmes l'alcool qu'elles produisent.

Il résulte de ce qui précède que les produits de la rectification peuvent être partagés en trois fractions différentes :

1° Les *produits de tête* (alcool de tête), formés principalement d'aldéhyde acétique et d'alcool éthylique et dont le point d'ébullition est variable, mais toujours au-dessous de celui de l'alcool éthylique.

2° L'*alcool bon goût* ou *alcool fin*, qui évidemment ne peut pas être de qualité uniforme pendant tout le temps qu'il coule à l'éprouvette ; celui qui passe en premier lieu est encore chargé d'aldéhyde acétique et dans celui que l'on recueille en dernier lieu on rencontre déjà une certaine proportion des alcools bouillant à une température plus élevée que l'alcool éthylique. Ce sont les produits obtenus au milieu de l'opération, et auxquels on donne le nom d'*alcool de cœur*, qui sont les plus purs et les plus fins.

3° Les *produits de queue* (alcool de queue), qui consistent en un mélange d'alcool éthylique et d'une forte proportion d'alcools à points d'ébullition élevés, parmi lesquels domine l'alcool amylique.

Ce dernier reste cependant en majeure partie dans la chaudière et forme avec l'eau qui n'a pas passé avec les produits alcooliques le *résidu de la rectification*.

Plus l'appareil rectificateur sera parfait, et mieux l'opération sera conduite, plus on obtiendra de produits de cœur, c'est-à-dire d'alcool fin.

Dans la pratique, on fractionne ordinairement les produits de la rectification en un nombre de parties plus grand que celui qui vient d'être indiqué ; ainsi, on distingue : 1° les *mauvais goûts de tête ;* 2° les *moyens goûts de tête ;* 3° les *bons goûts ;* 4° le *cœur de rectification ;* 5° les *moyens goûts de queue* et 6° les *mauvais goûts de queue* (huiles ou fousel). Dans certaines usines, on va encore plus loin et on recueille isolément : 1° les *mauvais goûts de tête ;* 2° les *mauvais goûts de tête à repasser ;* 3° les *moyens goûts de tête ;* 4° l'*alcool fin de tête ;* 5° l'*alcool extra-fin ;* 6° le *cœur de rectification ;* 7° l'*alcool fin de queue ;* 8° les *moyens goûts de queue ;* 9° les *mauvais goûts de queue à repasser* et 10° les *mauvais goûts de queue.*

La première fraction et la dernière sont vendues pour certaines industries ; la seconde et l'avant-dernière sont rectifiées et divisées

en mauvais goûts à vendre et moyens goûts qui sont réunis aux moyens goûts ordinaires, qu'on ajoute aux flegmes dans une rectification suivante. Les alcools fins sont vendus ou rectifiés de nouveau et les produits extra-fins et les cœurs sont livrés à la consommation.

Nous ne pouvons nous occuper ici des discussions auxquelles a donné lieu, dans ces dernières années, la théorie de la rectification de l'alcool brut [1]. L'essentiel pour le praticien, c'est de choisir un rectificateur aussi perfectionné que possible, le succès de l'opération, si celle-ci est bien conduite, dépendant principalement de la disposition de l'appareil, que l'expérience seule a appris à construire, de façon à répondre au but aussi parfaitement que possible.

Origine des impuretés de l'alcool brut. — Il est hors de doute qu'une certaine partie des huiles de fousel provient des *matières premières*, car comment pourrait-on sans cela expliquer pourquoi les impuretés des alcools bruts de pommes de terre, de maïs et de mélasse sont tout à fait différentes de celles des alcools des moûts de raisin, de fruits et de grains. Dans le premier cas, les huiles de fousel offrent une odeur et une saveur tout à fait repoussantes, tandis que les trois derniers moûts donnent un produit alcoolique d'une odeur agréable, s'il ne s'est pas formé une trop grande quantité d'impuretés. Avec un peu d'habitude, c'est aussi chose facile de distinguer à la seule odeur l'origine d'un alcool brut.

La *levure* elle-même n'est pas sans avoir une certaine influence sur la production des éléments autres que l'alcool éthylique. La culture des levures à l'état pur et l'emploi de celles-ci ont montré que certaines races de levure donnent, lors de la fermentation, certains produits qui sont toujours les mêmes pour la même race ; c'est ainsi, par exemple, que le *Saccharomyces ellipsoïdus* donne dans la bière un bon goût de fruits, le *Saccharomyces Pastorianus* I une saveur amère. Une levure malade produit aussi un alcool d'un goût bien différent de celui que donne une bonne levure.

Il est aujourd'hui démontré qu'une grande partie des impuretés,

[1] Voy. E. Sorel, *la Rectification de l'alcool*, et E. Barbet, *la Rectification et les colonnes rectificatrices.*

notamment des alcools autres que l'alcool éthylique (alcools supérieurs), provient de *fermentations secondaires* et du développement d'*organismes étrangers* à la levure. Ces alcools communiquent aux flegmes leur odeur propre ou celle des dérivés qu'ils forment (éthers) pendant la fermentation ou la distillation.

L. LINDET [1] a, en effet, montré que dans la *fermentation secondaire*, des ferments autres que la levure entrent en jeu et produisent de grandes quantités d'alcool amylique ; ainsi, il a trouvé :

	Alcool amylique p. 100 de l'alcool formé.
Pendant les 14 premières heures de la fermentation .	0,36
Entre la 14e et la 20e heure	0,54
Entre la 20e et la 38e heure (fermentation terminée).	0,88
24 heures après la fermentation terminée.	15,07

Le même expérimentateur est arrivé à une conclusion identique en dosant les alcools supérieurs dans des moûts dont la fermentation avait eu lieu dans des conditions différentes d'activité. Toutes les fois que la fermentation a été très active, il a constaté une diminution notable dans la teneur en alcools supérieurs. Cette grande activité de la fermentation du moût est la conséquence naturelle d'un développement énergique de la levure vraie, lequel entraîne le dépérissement des organismes étrangers. Voici les résultats des dosages effectués par LINDET :

	Alcools supérieurs formés par litre d'alcool.
Moût clair fermenté avec quantité suffisante de levure. .	5,29 cm³.
Moût clair fermenté avec quantité exagérée de levure . .	3,96 —
Moût clair additionné de drèche (afin de produire une aération continuelle) fermenté avec quantité suffisante de levure	4,70 —

En outre, LINDET a reconnu que la quantité des alcools supérieurs formés est d'autant plus faible que la température de fermentation est plus basse.

On n'est pas encore parfaitement fixé sur la nature des *organismes étrangers* qui produisent les alcools supérieurs que l'on trouve dans les flegmes. PERDRIX [2] a cependant décrit récemment

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXII, p. 102 et 663.

[2] *Annales de l'Institut Pasteur*, t. V, p. 287.

une bactérie, le *Bacille amylozyme*, qui jouit de la propriété d'attaquer l'amidon et de produire à ses dépens une quantité d'alcool amylique représentant 50 p. 100 de la matière décomposée. GRIMBERT[1] a également signalé un bacille, le *Bacillus orthobutylicus*, qui produit de grandes quantités d'alcools supérieurs.

De nombreux moyens ont été indiqués pour la *détermination des impuretés* des alcools bruts, mais s'ils permettent d'obtenir de bons résultats au point de vue qualitatif, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'un dosage exact. Dans le Chapitre XI nous donnerons un court aperçu des méthodes proposées pour la recherche et le dosage des impuretés des flegmes et, par suite, pour se rendre compte de la valeur de ces derniers.

II. — La rectification et les appareils rectificateurs.

D'après ce qui précède, la rectification n'est autre chose qu'une distillation fractionnée conduite lentement et avec précaution.

Les appareils, les *rectificateurs* dans lesquels cette opération est effectuée se composent d'une chaudière chauffée à l'aide d'un serpentin de vapeur et surmontée d'une colonne formée d'un grand nombre de plateaux, d'un condenseur et d'un réfrigérant, duquel sort l'alcool pour se rendre à l'éprouvette.

Les flegmes qui doivent être soumis à la rectification sont préalablement étendus d'eau, de façon à produire un mélange contenant 40 à 50 p. 100 d'alcool. E. SOREL[2] décrit à peu près dans les termes suivants les *phénomènes qui se passent dans la rectification*.

Les flegmes dilués étant chargés dans la chaudière sont portés à l'ébullition. Les vapeurs alcooliques ainsi produites s'élèvent dans la colonne et passent dans le condenseur; ce dernier étant énergiquement refroidi, les vapeurs s'y liquéfient et rétrogradent vers la chaudière. Le produit condensé repassant ensuite à l'état de vapeurs fournit de l'alcool plus riche, qui vient se condenser de nouveau, en faisant écouler peu à peu l'alcool moins riche qui s'était d'abord rassemblé dans les plateaux, de sorte que lorsque

[1] *Annales de l'Institut Pasteur*, t. VII, p. 287.

[2] *La Rectification de l'alcool.*

ceux-ci sont pleins, la majeure partie de la colonne est chargée d'alcool très concentré. C'est à ce moment que commence l'opération proprement dite. On diminue alors l'arrivée de l'eau au condenseur, de sorte qu'une partie seulement des vapeurs est condensée et retombe dans la colonne, l'autre partie se rend au réfrigérant et coule à l'éprouvette. La quantité d'eau à employer est réglée une fois pour toutes, de façon qu'il y ait une rétrogradation telle que l'alcool reste toujours au degré convenable dans la majeure partie des plateaux de la colonne.

Une fois l'opération proprement dite commencée, les corps les plus volatils qui constituent les *mauvais goûts de tête*, et qui se sont déjà accumulés dans les plateaux inférieurs, s'échappent dès le début; mais comme il n'y en a qu'une faible quantité et qu'ils tendent à gagner le haut de la colonne, les plateaux inférieurs en contiennent de moins en moins et l'appauvrissement gagnant peu à peu les plateaux supérieurs, ceux-ci en sont eux-mêmes bientôt épuisés. En même temps que ces impuretés, se sont également élevés dans la colonne les corps qui forment les *moyens goûts de tête*, qui étant moins volatils que les précédents sont éliminés plus lentement, parce que, avant qu'ils s'échappent, ils doivent s'accumuler peu à peu dans la partie inférieure de la colonne, jusqu'au niveau où ils peuvent la traverser sans s'y arrêter.

Il n'existe pas entre les deux fractions recueillies au début de la rectification des limites bien nettes ; les moyens goûts sont un mélange du reste des corps passés en premier lien avec ceux qui viennent ensuite. On cesse de séparer les mauvais goûts de tête et alors on commence à fractionner l'alcool recueilli dans les moyens goûts, dès qu'on estime que le produit peut être soumis à une nouvelle rectification. Moins il y aura des corps de la seconde catégorie, plus la période des moyens goûts sera courte et plus facile sera la seconde rectification de ces derniers. Si au contraire ces corps sont abondants, leur élimination sera très lente, parce qu'ils passent en même temps que l'alcool et avec leur teneur primitive. Il pourrait même arriver, si leur proportion devenait considérable, qu'ils ne fussent éliminés que quand tout l'appareil sera épuisé d'alcool [1].

[1] C'est la présence de ces corps qui explique une anomalie apparente dans la pratique de la rectification. Au lieu de rectifier à part les moyens goûts de tête,

L'élimination complète de ces moyens goûts exige généralement au moins sept heures sur trente-six.

Pendant ce temps, une autre catégorie de corps plus petite que les précédentes, s'échappe bien de la chaudière et des plateaux supérieurs où l'alcool est relativement peu concentré, mais est retenu progressivement dans la série des plateaux chargés d'alcool fort. Comme la diminution du taux de ces impuretés dans les étages successifs chargés d'alcool concentré est très rapide, plus le nombre des plateaux à fort degré sera considérable, plus la colonne opposera d'obstacles à ces impuretés, de sorte qu'avec une quarantaine de plateaux, on peut pratiquement considérer que le produit qui coule à l'éprouvette est pur. On est alors dans la période de cœur de l'opération, période qui, d'après ce qu'on vient de dire, se prolongera d'autant plus que les plateaux encore chargés d'alcool à fort degré seront plus nombreux.

Pendant ce temps, la chaudière s'est peu à peu épuisée d'alcool, les plateaux inférieurs de la colonne se sont appauvris et ces *impuretés de queue* se sont concentrées dans une zone de la colonne, qui s'élève au fur et à mesure que la chaudière s'épuise, à moins qu'on augmente l'afflux de l'eau au condenseur, ce qui entraîne naturellement un surcroît de dépense de combustible pour revaporiser l'alcool rétrogradé. Tous les efforts deviennent bientôt pratiquement inutiles, la zone dangereuse s'élevant de plus en plus, en même temps qu'elle devient plus chargée d'impuretés, et celles-ci finissent par envahir peu à peu l'appareil tout entier, et les plus entraînables d'entre elles arrivent à l'éprouvette.

La période de cœur est suivie de la période des *moyens goûts de queue*, qui est beaucoup plus courte que celle des moyens goûts de tête, parce que la colonne, dont une seule partie reste chargée d'alcool, n'en contient plus qu'un volume relativement faible. Bientôt tout obstacle a disparu et l'on voit arriver à flots les impuretés les moins entraînables au début; en effet, l'alcool des plateaux

on a toujours soin de les mélanger avec de nouveaux flegmes. Au premier abord, cette manière de faire semble absolument vicieuse, puisqu'on réintroduit des impuretés dans l'alcool à traiter ; elle est cependant judicieuse, parce qu'elle permet de diluer les corps en question dans une masse de liquide plus grande, et de les amener dans la zone perméable de la colonne, d'où ils s'échappent avant qu'une trop grande partie de l'alcool soit déjà distillée (E. Sorel).

s'appauvrissant, le rapport des impuretés (principalement de l'alcool amylique) dans les vapeurs aux impuretés dans le liquide augmente très rapidement, comme l'ont démontré les expériences effectuées par SOREL sur la distillation d'un mélange d'eau, d'alcool éthylique et d'alcool amylique ne contenant pas plus 2 p. 100 de ce dernier ; il résulte de là que ces impuretés arrivent presque entièrement à l'éprouvette, avant l'élimination complète de l'alcool et l'on a alors les *mauvais goûts de queue* et les *huiles*.

Comme exemple de la répartition des différentes qualités d'alcool, SOREL donne les chiffres suivants, qui se rapportent à la deuxième rectification, dans un appareil SAVALLE avec 49 plateaux rectangulaires, de 595,87 hlt. d'alcool du nord étendu à 39° G.-L. et correspondant par conséquent à 154,39 hlt. d'alcool absolu :

	Hectolitres.	Alcool absolu.
Mauvais goûts de tête	7,657	4,96 p. 100
Moyens goûts de tête	34,057	22,06 —
Bons goûts.	94,820	61,42 —
Moyens goûts de queue	9,205	5,97 —
Mauvais goûts de queue. . . .	8,198	5,31 —
Perte	0,453	0,28 —
	154,39 hect.	100,00 p. 100

La proportion de chaque classe de produits que l'on retire en rectifiant les flegmes est d'ailleurs variable avec la nature de ceux-ci et les exigences commerciales. C'est ainsi que la proportion de cœur varie d'une usine à l'autre de 60 à 75 et même 82 p. 100.

Dans une autre expérience, faite avec des flegmes de grains et un rectificateur SAVALLE à 44 plateaux rectangulaires, SOREL a prélevé toutes les heures pendant l'opération, qui en a duré trente-huit, des échantillons au tube de rétrogradation ramenant les liquides du dernier plateau de la colonne dans la chaudière et il en a déterminé les degrés alcooliques à la température de 25° ; les résultats qu'il a obtenus sont indiqués dans le tableau suivant (p. 455) :

On voit qu'à partir de la vingtième heure la richesse alcoolique va toujours en diminuant ; c'est donc, d'après ce qui a été dit précédemment, à partir de ce moment que l'alcool amylique peut commencer à pénétrer dans le bas de la colonne. Ce tableau montre en outre ce que peut être la durée de chacune des périodes

de la rectification ; la capacité de la chaudière du rectificateur employé pour l'expérience était égale à 450 hlt. et l'appareil avait un débit en alcool fin de 124 hlt. par vingt-quatre heures.

QUALITÉ de l'alcool.	HEURES	DEGRÉS alcooliques des reflux.	QUALITÉ de l'alcool.	HEURES	DEGRÉS alcooliques des reflux.
Mauvais goût, 1 h. 30'	0	40,6		20	61,6
	1	42,1		21	59,2
	2	40,9		22	55,2
	3	52,8		23	56,8
	4	68,3	Fin et extra-fin 25 h. 30'.	24	54,7
Moyens goûts 7 h. 45'	5	68,9		25	45
	6	71,6		26	41,5
	7	68,1		27	33
	8	68,1		28	25,5
	9	69,3		29	12
	10	69,8		30	10,8
	11	69,3		31	4,7
	12	69		31 1/2	1
	13	69	Moyens goûts de queue, 2 h.	32	0,6
Fin et extra-fin 25 h. 30'	14	71		33	0,5
	15	67		34	0,3
	16	66		36	0
	17	65,6		36	0
	18	65	Mauvais goûts de queue, 1 h.	37	0
	19	63		38	0

L'obtention d'un alcool aussi fin que possible ne dépend pas seulement de la perfection plus ou moins grande de l'appareil employé ; l'habileté de l'opérateur y contribue aussi pour une grande part et, il faut bien le dire, chaque usine a son procédé, ses tours de main particuliers, dont elle a intérêt à garder précieusement le secret. C'est précisément ce qui fait que les alcools rectifiés de provenances différentes sont bien loin d'offrir le même degré de finesse et sont par suite, vendus à des prix différents, qui présentent quelquefois de très grands écarts. Se rapprocher autant que possible de l'alcool éthylique chimiquement pur, tel doit être l'idéal du fabricant d'alcool rectifié, et peu importe le procédé qu'il emploie, si en même temps qu'il lui donne de bons résultats, il est aussi économique.

Relativement au *rôle que joue le condenseur* dans les appareils de rectification, les avis sont partagés. Aussi, pour Maerker, le condenseur est un analyseur, qui partage les vapeurs en deux parties,

l'une plus riche, l'autre moins riche, qui retourne à la colonne. Cette théorie, évidemment inexacte, n'est pas admise en France et elle a aussi trouvé en Allemagne de nombreux contradicteurs. E. Barbet a effectivement démontré que le liquide condensé présente à peu près la même composition chimique que le mélange primitif des vapeurs, ou, en d'autres termes, que dans le condenseur la vapeur alcoolique ne s'analyse pas d'une façon appréciable. Sorel est aussi du même avis.

Il y a toujours dans la rectification *une perte* notable d'*alcool*. Cette perte ou *freinte*, suivant le terme usité, est due, d'après E. Barbet, à l'action qu'exerce la chaleur sur les flegmes pendant le temps que dure la rectification; il se produirait des décompositions inconnues, peut-être une dissociation de l'alcool en eau et carbures gazeux.

D'après E. Sorel, la freinte de rectification doit être attribuée à une autre cause. Elle varie, en effet, avec la disposition des colonnes, et la chaleur n'y est pour rien, si l'opération est bien conduite. La perte diminue avec le perfectionnement des appareils : ainsi les anciennes colonnes à calottes donnaient 5 à 8 p. 100 de perte; avec des plateaux perforés, celle-ci fut abaissée à 1,78 p. 100 et enfin réduite à 1,16 p. 100 par l'emploi de plateaux rectangulaires, qui sont les seuls actuellement construits (appareils Savalle). La freinte plus ou moins grande est donc due au mode de construction des plateaux du rectificateur, ce que Sorel explique de la manière suivante : A la fin de l'opération, l'alcool baisse rapidement (comme on peut le voir d'après le tableau de la page 455), et on s'arrête quand l'alcoomètre marque à peu près 0°. Mais cet instrument est très influencé par la tension capillaire des liquides dans lesquels on le plonge et il ne fournit des indications exactes que dans des mélanges d'alcool et d'eau pour lesquels il a d'ailleurs été gradué. Si maintenant il donne des indications trop faibles dans l'alcool chargé d'huiles, il est évident qu'en arrêtant à 0°, on arrête trop tôt, et la perte est d'autant plus grande qu'il y a plus d'alcool dans la colonne et la chaudière, c'est-à-dire que l'appareil est moins perfectionné. Avec les anciens types d'appareils cette perte est inévitable, car il faudrait dépenser trop de vapeur pour entraîner les dernières traces d'alcool. Mais il n'en est plus de même avec la

disposition nouvelle des rectificateurs rectangulaires avec vidange des plateaux [1].

PRATIQUE DE LA RECTIFICATION

Comme nous l'avons dit précédemment, un rectificateur se compose essentiellement d'une chaudière surmontée d'une colonne formée d'un grand nombre de plateaux, d'un condenseur et d'un réfrigérant. La chaudière, dont la capacité peut varier de 25 à 750 hectolitres, est chauffée au moyen de vapeur circulant dans un serpentin placé horizontalement sur son fond ou ce qui est beaucoup plus convenable, dans un serpentin en hélice. Le rectificateur est muni, comme les appareils distillatoires, d'une éprouvette et d'un régulateur de vapeur.

Rectificateur Savalle. — Le rectificateur SAVALLE est le type le plus parfait de ce genre d'appareils et on peut dire qu'il a servi de modèle à la plupart des constructeurs. La figure 142 le représente tel qu'il est actuellement construit, c'est-à-dire avec colonne rectangulaire. Les plateaux, au nombre de 40 à 50 et même plus, qui forment cette dernière, offrent intérieurement une disposition identique à celle des plateaux qui composent les colonnes des appareils distillatoires (voy. p. 428).

Voici maintenant, d'après la description aussi fidèle que pratique, donnée par E. SOREL dans son ouvrage précité, comment on dirige l'opération de la rectification. Pour plus de clarté, nous reproduisons à peu près textuellement les termes mêmes de l'auteur.

Après s'être assuré que l'appareil est monté bien verticalement, on vérifie l'étanchéité de la chaudière et des serpentins, en remplissant cette dernière avec de l'eau, puis on verse de l'eau dans le régulateur de vapeur jusqu'au niveau de sa tubulure de communication avec la chaudière.

Cela fait, on procède à un premier nettoyage, afin d'enlever des

[1] SAVALLE a en effet breveté, il y a quelques années, un dispositif qui permet de vider méthodiquement les plateaux de leur contenu. Les plateaux les plus élevés contiennent alors de l'alcool très passable, que l'on extrait sans dépense, viennent ensuite les plateaux chargés de moyens goûts à retravailler, puis les plateaux chargés de mauvais goûts, enfin, en bas, les huiles avec très peu d'alcool. Grâce à ce dispositif, on évite aussi d'infecter les plateaux supérieurs.

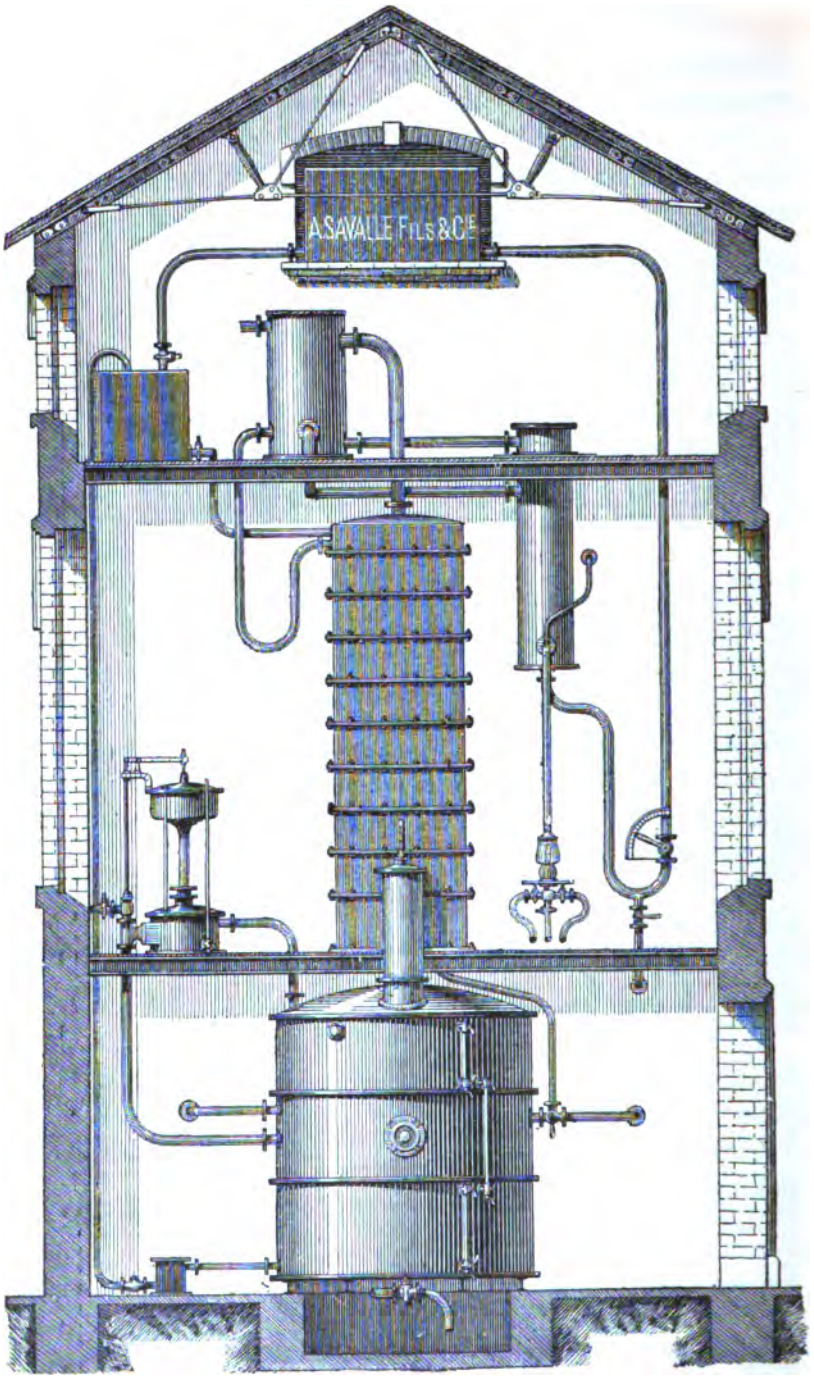


Fig. 142. — Rectificateur Savalle.

joints les huiles qui infecteraient l'alcool. Dans ce but, on met dans le compartiment supérieur de la colonne 6 à 8 kg. de sel de soude et 20 à 22 kg. du même sel dans la chaudière, et l'on commence à chauffer en ouvrant la prise du régulateur de vapeur; en même temps, on remplit d'eau le condenseur et le réfrigérant. Lorsque l'eau distillée arrive à l'éprouvette, on alimente doucement le réfrigérant et le condenseur; la rétrogradation entraîne lentement le sel sodique de plateau en plateau, et c'est ainsi que s'opère le lavage de la colonne. Ce lavage est ordinairement continué pendant douze heures. On arrête alors la vapeur, on évacue le contenu de la chaudière et, lorsque l'air est bien rentré dans l'appareil, on rince la colonne pendant deux heures.

Pendant cette opération préliminaire, on vérifie si le régulateur fonctionne bien sans frottement. La pression réelle accusée par le tube manométrique doit être de 1,25 m. environ. Le rectificateur est alors prêt à fonctionner.

On charge donc la chaudière avec des flegmes amenés par dilution avec de l'eau à 40-45° G.-L. et exactement neutralisés avec du carbonate de sodium. Il faut avoir soin de ne pas remplir la chaudière au-dessus du dernier robinet de niveau, afin de permettre au liquide de se dilater par la chaleur. La chaudière étant convenablement chargée, on ouvre les robinets de purge des serpentins de chauffage, puis on commence à introduire la vapeur.

Le contenu de la chaudière étant arrivé à l'ébullition, on ferme à moitié le robinet de vapeur, afin d'expulser doucement l'air que renferme la colonne, et on ouvre complètement le robinet d'eau qui alimente le réfrigérant.

Les vapeurs alcooliques montent peu à peu dans la colonne et commencent par se condenser dans le plateau inférieur, jusqu'à ce qu'elles aient porté son contenu à l'ébullition. Comme la température d'ébullition du mélange produit ne peut pas être inférieure à celle du liquide qui se trouve dans la chaudière, il en résulte que le dernier plateau prend au début le degré du contenu de celle-ci. Mais, comme ses vapeurs rencontrant la paroi froide du plateau immédiatement supérieur et les parois extérieures, elles se condensent partiellement avant de franchir le barboteur et enrichissent le liquide, de sorte que la température d'ébullition s'abaisse légère-

ment. Si l'on applique le même raisonnement au deuxième plateau, on voit qu'il sera un peu plus riche que le premier, et ainsi de suite jusqu'au dernier.

Les vapeurs arrivent finalement au condenseur ; celui-ci étant à ce moment fortement refroidi, tout s'y condense et la colonne se charge successivement de haut en bas d'alcool concentré. D'après le tableau de la page 455, le degré alcoolique (G.-L.), qui monte très rapidement dans les étages supérieurs, ne croit que lentement dans la partie inférieure de la colonne. Il en résulte que les impuretés des produits de tête échappent facilement aux plateaux inférieurs, tandis que les impuretés des queues sont retenues avant d'arriver aux étages inférieurs. Si les plateaux sont suffisamment nombreux, il n'y en est jamais arrivé qu'une quantité minime au début de la rectification, tandis que les impuretés de tête se seront concentrées dans un petit nombre de plateaux. Les impuretés des moyens goûts de tête occuperont naturellement un nombre de compartiments d'autant plus grand que leur solubilité dans l'alcool concentré sera plus grande.

Au fur et à mesure que l'opération avance, les rétrogradations provenant du condenseur augmentent, la résistance croît dans la colonne, ce dont on s'aperçoit à l'ascension de l'eau dans le tube manométrique du régulateur. Peu à peu, l'eau arrive dans la cuvette supérieure de ce dernier et, bientôt après, le flotteur est soulevé et la soupape fonctionne (voy. p. 429). On dit alors que les plateaux sont chargés ou garnis et l'on arrive à la période de marche.

On diminue alors l'accès de l'eau au réfrigérant ; le condenseur s'échauffe, la rétrogradation cesse d'être complète et une partie des vapeurs arrivent au réfrigérant. On tourne peu à peu la clef du robinet à cadran, jusqu'à ce que le débit d'alcool mesuré à l'éprouvette se maintienne constant au débit que doit donner l'appareil, et l'on marque un cran de repère sur le cadran.

Les premières quantités d'alcool recueillies ont une odeur très forte ; elles sont surtout chargées d'*aldéhyde* et d'*éther acétique*, et marquent 94° G.-L. environ. Un robinet spécial, placé au bas du réservoir de distribution de l'éprouvette-jauge (K et G dans la figure 131 de la page 431) permet de les envoyer à part dans un

bac à mauvais goût. Dans la plupart des cas, cette première phase de la rectification dure une heure à une heure et demie.

Peu à peu, l'odeur de ces produits diminue et l'on passe de la période des *mauvais goûts de tête* à celle des *mauvais goûts à retravailler*, puis à celle des *moyens goûts*. Les premiers sont mis de côté pour être rectifiés à part et divisés en mauvais goûts et moyens goûts, qui sont réunis à la seconde catégorie de moyens goûts, laquelle est jointe aux flegmes et traitée avec eux (la raison de cette pratique industrielle a été donnée précédemment, dans la note de la page 452). La période des moyens goûts de tête dure six heures et demie à sept heures et demie suivant la qualité des flegmes et la sévérité du classement.

Vient ensuite la période des *alcools fins goûts* et *alcools de cœur*. Elle dure vingt-cinq heures. Avec de bons flegmes, on peut compter que cette période produit de 72 à 80 p. 100 de l'alcool mis en œuvre, dont 60 p. 100 sont de l'alcool réellement pur. Généralement cette période se termine quand le thermomètre placé sur la chaudière accuse une température comprise entre 99 et 100°.

Lorsque, comme on l'a dit précédemment, on emploie des rectificateurs bien construits, la chaudière est épuisée d'alcool avant la fin de cette période et un grand nombre de plateaux du bas de la colonne sont déjà occupés par de l'eau.

L'eau alcoolisée faible est surnagée par des huiles ; puis viennent des alcools mauvais goûts, ensuite les plateaux sont chargés d'alcool *moyen goût de queue*. Dans nombre de cas, on peut considérer comme limite des moyens goûts de queue le plateau chargé d'alcool à 94° G.-L.

Si le rectificateur est pourvu d'un dispositif pour la vidange des plateaux, on est déjà arrivé au moment où cette vidange doit s'opérer, quand la chaudière est dépouillée d'alcool. Il ne reste plus alors qu'à ouvrir les vannes de vidange et à laisser couler le contenu des plateanx méthodiquement dans les réservoirs appropriés.

Si l'appareil de rectification n'est pas muni de dispositifs pour la vidange des plateaux, on continue l'opération en envoyant les *moyens goûts de queue* successivement au bac de charge, puis au bac des moyens goûts à retravailler, jusqu'à ce que les *huiles*

giné par E. Barbet, procédé dans lequel on sépare d'abord tous les produits impurs plus volatils que l'alcool (produits de tête) et ensuite les produits moins volatils (produits de queue). Grâce à cette division du travail, chacune des deux opérations a pu être rendue continue, et c'est l'ensemble des deux appareils solidaires, l'*épurateur* d'une part et le *rectificateur proprement dit* de l'autre, qui constituent le *rectificateur continu*, système Barbet. Cet appareil est représenté par la figure 144.

L'*épurateur*, dont le rôle spécial est d'éliminer les produits de tête (éthers, aldéhyde, etc.), consiste en une colonne A, formé d'un certain nombre de tronçons à plateaux, surmontés de quelques tronçons supplémentaires, destinés à concentrer les éthers et à retenir les vapeurs d'alcool pur. Cette concentration se fait au moyen du condenseur B, dont la rétrogradation produit l'enrichissement méthodique des éthers. Ceux-ci passent au réfrigérant C et de là dans l'éprouvette P. Les flegmes arrivent donc au bas de la colonne complètement dépouillés de leurs éthers, et ils se rendent par un grand siphon dans le rectificateur. Avant leur entrée dans la colonne de l'épurateur, les flegmes *bruts* sont chauffés à l'ébullition dans le récupérateur R, au moyen de la chaleur des eaux résiduaires bouillantes sortant du rectificateur. On réalise ainsi une notable économie de combustible. Le chauffage de l'épurateur est réglé au moyen de l'appareil N.

La seconde opération a lieu dans le *rectificateur proprement dit* dont la disposition est analogue à celle de l'épurateur. Les flegmes épurés bouillants entrent en haut des tronçons d'épuisement G ; ils descendent de plateau en plateau, s'appauvrissent graduellement, et arrivent au bas complètement épuisés d'alcool. Le soubassement est muni d'un barboteur de vapeur et d'un siphon pour la sortie des eaux résiduaires, qui passent par le récupérateur R, avant d'aller à l'égout. Les vapeurs alcooliques de plus en plus riches montent dans la colonne G, où elles achèvent leur raffinage et leur rectification, grâce à la rétrogradation du condenseur H. L'alcool pur se rend au réfrigérant K, puis à l'éprouvette R.

Les réfrigérants C et K de l'épurateur et du rectificateur sont établis au même étage que les condenseurs E et H. Cette disposition a pour but de régler d'une façon absolue le coulage des

appareils, malgré les légères variations de niveau qui peuvent survenir dans le réservoir d'eau. On sait que lorsque l'eau baisse

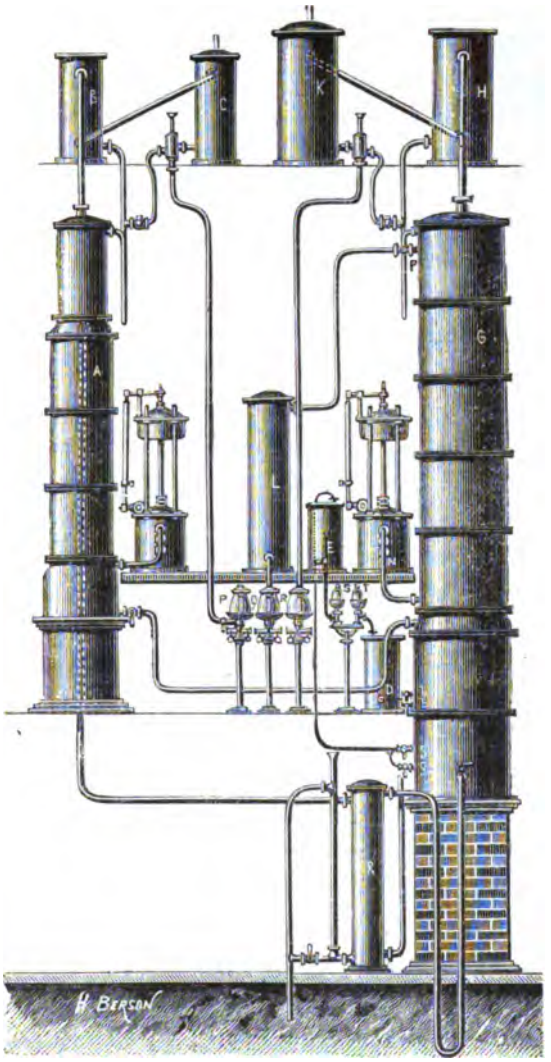


Fig. 144. — Rectificateur continu de E. Barbet.

dans ce dernier, l'afflux de l'eau au condenseur diminue et le coulage à l'éprouvette augmente. Barbet interpose un robinet à l'entrée de l'alcool dans l'éprouvette et règle ce robinet de façon à avoir le coulage horaire que l'on désire. L'excédent d'alcool

remonte dans le tuyau jusqu'à la bouteille d'air et là il trouve un tuyau de trop-plein, qui le descend au tuyau de rétrogradation, c'est-à-dire que cet excédent rentre dans l'appareil. Si le reflux du condenseur vient à diminuer, l'excédent de l'alcool du réfrigérant augmente dans la même proportion (le coulage étant rendu invariable) et cette augmentation d'excédent vient parfaire le volume du reflux, qui reste égal à ce qu'il était auparavant. De cette façon la proportion du liquide laveur des vapeurs alcooliques reste constante par rapport à celles-ci, ce qui leur donne un raffinage toujours égal.

Au rectificateur, Barbet réduit le coulage de l'éprouvette R à un volume extrêmement restreint ; mais ensuite il prélève en P un certain volume du liquide alcoolique qu'il dit *pasteurisé*. On remarque, en effet, que l'alcool soutiré en cet endroit et refroidi au réfrigérant L est vieilli comme l'est le vin par le chauffage d'après le procédé Pasteur. Cet alcool est d'une pureté remarquable : il ne contient plus de trace de produits de tête. Ce phénomène provient de ce que l'alcool de la rétrogradation, déjà suffisamment pur par lui-même, vient d'être soumis sur les plateaux inférieurs à une violente ébullition, qui en a expulsé les traces d'impuretés qui pouvaient y subsister. Le degré alcoolique est aussi élevé qu'à l'autre éprouvette.

Enfin, le petit réfrigérant E sert pour constater le degré d'épuisement des eaux résiduaires, et l'autre réfrigérant D pour l'extraction continue des huiles amyliques. Barbet a en effet remarqué que ces huiles se concentrent surtout vers les plateaux d'épuisement et qu'il est indispensable d'en régler une extraction continue pour éviter l'accumulation. Cette extraction permet aussi de régler l'alimentation en flegmes de l'appareil ; en effet, si le degré alcoolique de ces huiles tend à baisser au-dessous de 50°, cela indique que l'appareil n'est pas assez alimenté ; si, au contraire, le degré monte, l'alimentation est trop forte ; on se base donc sur cette indication très précise pour ouvrir plus ou moins le robinet d'alimentation.

L'application de la pasteurisation permet l'extraction des éthers sans épurateur ; c'est cette disposition que Barbet a nommée *rectification continue simplifiée*, et dont on peut se faire une idée en

considérant uniquement la partie droite de la figure 144. L'extraction des éthers a lieu par l'éprouvette R ; celle de l'alcool pur ou pasteurisé par le robinet P, le réfrigérant L et l'éprouvette Q. En S est l'éprouvette d'épuisement, en T celle des huiles. L'alimentation, au lieu de passer par l'épurateur, qui est supprimé ainsi que ses accessoires, vient directement à la colonne G en sortant du récupérateur. Mais ce mode de rectification continue ne peut être employé que lorsque la matière traitée pour alcool a une odeur agréable par elle-même, parce que les produits conservent toujours une partie de l'odeur d'origine.

Rectification continue directe sans distillation.

E. Barbet a réussi récemment à rectifier directement les jus de betteraves et les moûts de mélasses fermentées, en supprimant l'opération habituelle de la distillation. Il est arrivé à ce résultat au moyen d'un appareil qui n'est en quelque sorte que l'extension du rectificateur continu des flegmes à l'emploi de flegmes de plus en plus dilués.

En effet, il n'existe pas de point précis pour séparer le flegme pauvre d'un moût riche, et *a priori* tous les principes reconnus vrais en rectification de flegmes doivent l'être également en opérant directement sur les moûts. Il n'y a là qu'une appréciation de construction pour donner des proportions convenables à toutes parties en contact avec le moût, puisque le volume du liquide à échauffer, à faire bouillir et à faire circuler est cinq à dix fois plus grand que lorsqu'il s'agit de flegmes. Dans ce but, certains artifices ont été employés, notamment pour amener le moût à un point très voisin de l'ébullition avant son entrée dans l'épurateur (c'est à cet usage que sert le réchauffeur indiqué par M dans la figure 147).

Malgré la grande quantité d'acides volatils et d'impuretés de toutes sortes qui existent dans les moûts, l'alcool est très bon et d'une grande finesse, mais il n'atteint pas les qualités supérieures de celui que donne la rectification des flegmes. Le but, du reste, n'est pas de fabriquer des alcools extra-fins, mais bien de réaliser le maximum de simplicité et d'économie de revient.

E. Barbet a en effet démontré que la vapeur alcoolique à 35-45°

qui se dégage du moût dans la partie supérieure d'une colonne distillatoire continue à bas degrés, contient suffisamment de calorique pour produire la propre rectification à 96°,5, sans dépense

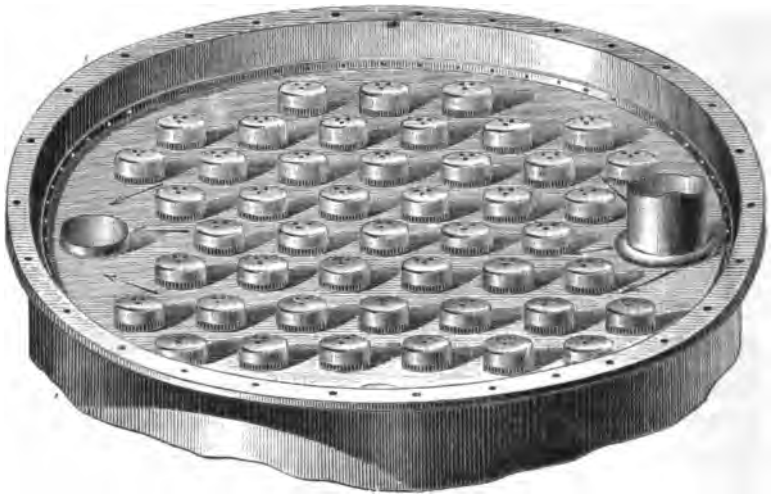


Fig. 145. — Plateau à calottes-peignes de E. Barbet.

supplémentaire de vapeur. La rectification directe n'a donc, par rapport à la colonne à bas degré qu'un supplément de dépense très faible, celui du chauffage de l'épurateur. On économise, par conséquent, presque intégralement la dépense de vapeur de la rectification.

Fig. 146. — Calotte-peigne de Barbet.

Le mode de construction des plateaux rectificateurs a une grande importance au point de vue de l'effet utile ou du rendement en purification de ces plateaux. Barbet attribue en grande partie le succès de sa rectification directe des moûts à la puissance de ses nouveaux plateaux à nombreuses *calottes-peignes* (fig. 145) ; une de ces calottes-peignes est représentée isolément par la figure 146. Ce mode de construction donne à la ligne de barbotage de la vapeur un très grand développement, et divise les bulles à l'infini au sein du liquide, ce qui donne lieu à un échange plus intime.

La figure 147 représente le *rectificateur direct* de BARBET, tel qu'il est actuellement construit; en voici la légende :

A, épurateur continu du moût; R_1, condenseur, R_2, réfrigérant des têtes d'épurateur; B, rectificateur proprement dit; C, condenseur; R, réfrigérant des têtes du continu (ou non pasteurisé); *p*, extraction de l'alcool pasteurisé; D, réfrigérant triple pour pasteurisé, huiles amyliques et épreuves de l'épuisement; *s*, *s'*, extrac-

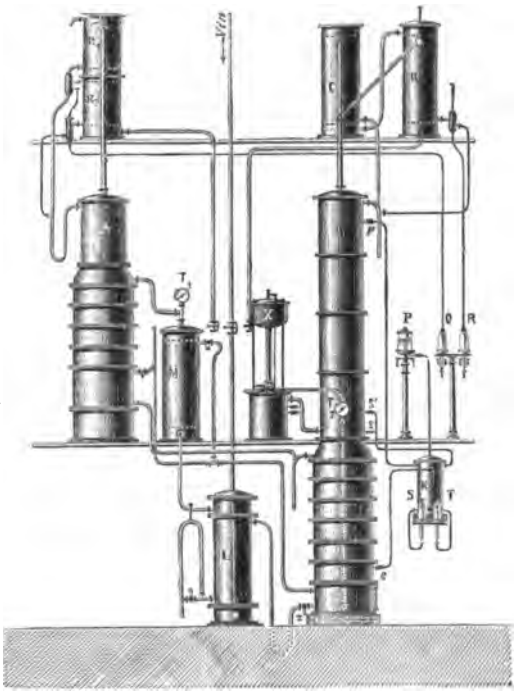


Fig. 147. — Appareil de E. Barbet pour la rectification continue directe sans distillation.

tion des huiles amyliques; P, éprouvette du pasteurisé; Q, éprouvette des têtes concentrées dans l'épurateur; R, éprouvette du non pasteurisé, qui rentre dans le moût; S, éprouvette des huiles amyliques; T, éprouvette d'épreuve de l'épuisement; X, régulateur de vapeur; L, régulateur de la chaleur des eaux résiduelles; M, réchauffeur du moût; T'_1, thermomètre pour contrôler la température du moût; T_2, thermomètre pour la conduite de l'alimentation.

E. GUILLAUME a également imaginé un appareil permettant d'effectuer en une seule opération et d'une manière continue la distillation et la rectification. Le dispositif à l'aide duquel ce but doit être atteint est construit par EGROT et GRANGÉ; il a déjà donné dans la pratique d'excellents résultats.

Le constructeur allemand STRAUCH est aussi l'inventeur d'un appareil à rectification directe des moûts sans distillation préalable. Ce qu'il y a de particulier dans ce dispositif, c'est qu'avant de pénétrer dans la colonne distillatoire, le moût passe dans un chauffe-vin, où sa température est élevée à 65-70°, ce qui réduirait d'un quart environ la consommation de vapeur. Cet appareil fonctionne dans plusieurs distilleries de l'Allemagne.

III. — Filtration de l'alcool brut sur le charbon.

La filtration des flegmes sur le charbon est actuellement ordinairement employée en même temps que la rectification, dans le but de faciliter cette dernière opération ou de la compléter.

Le charbon employé pour cet usage est le *charbon de bois*, préparé avec un bois peu résineux (platane, tilleul, saule, fusain, hêtre). Dans la pratique, on considère comme très important que le charbon soit *aussi léger que possible*. Ainsi, par exemple, dans les usines du Monopole russe, on exige que 1 litre de charbon pèse au plus 150 gr., condition qui ne peut être réalisée que par les charbons provenant de bois très poreux, comme le tilleul ou le saule. En outre, comme le charbon ne doit pas colorer l'alcool même bouillant, il faut soumettre à une calcination spéciale celui qui a été préparé en cornues, afin d'éliminer toutes traces de goudron.

Le charbon végétal étant extrêmement poreux peut absorber les huiles odorantes de fousel, surtout si les flegmes ont été convenablement dilués, de façon à diminuer la solubilité de ces huiles dans l'alcool. En outre, comme il possède un pouvoir absorbant considérable pour les gaz, il se sature d'air, dont l'oxygène oxyde certaines des impuretés de l'alcool brut.

Cette action chimique, contestée par certains auteurs, devrait, d'après GLADENAPP[1], être considérée comme à peu près la seule qui soit en jeu ; voici d'ailleurs les conclusions auxquelles ce chimiste est arrivé à la suite de ses expériences :

[1] *Zeitschrift für Spiritus Industrie*, 1898, p. 284, et *Moniteur scientifique*, 1898, p. 880.

1° L'action du charbon est surtout chimique et transforme en aldéhydes, cétones et acides, une partie de l'alcool éthylique et des alcools étrangers; les acides forment des éthers, qui expliquent l'amélioration produite par la filtration; 2° L'alcool récupéré des charbons épuisés contient plus d'éthers et d'aldéhyde que l'alcool brut, mais la dose de fousel est sensiblement la même, le charbon n'en absorbant qu'une très faible quantité et retenant au contraire une forte dose des aldéhydes et des éthers résultant de son action oxydante; 3° L'amélioration produite par la filtration ne se fait pas sentir sur le fousel, mais sur un changement de goût et de bouquet dû à la formation d'éthers; 4° Il est nuisible de traiter le charbon à la vapeur avant de l'employer, parce qu'on lui enlève ainsi les gaz auxquels est due son action chimique; c'est pour cela qu'il serait convenable, dans le procédé de revivification par la vapeur surchauffée, de faire passer après celle-ci un courant d'air sec à travers le charbon; 5° Les actions oxydantes devant être plus énergiques à haute température, il y aurait lieu d'essayer la filtration de l'alcool chaud; 6° La rectification, si parfaite qu'elle soit, ne peut donner des alcools doués de bouquets, puisqu'elle élimine les éthers.

Gladenapp fait en outre remarquer que si la filtration sur le charbon se bornait à faciliter l'action des appareils de rectification, on pourrait facilement la supprimer, car avec les appareils modernes on peut parfaitement travailler des flegmes beaucoup plus impurs que ceux qui ont d'abord été traités au charbon; de plus, l'expérience prouve que l'alcool rectifié, filtré sur le charbon, s'améliore encore et cependant il ne contient plus de fousel. Ces diverses raisons suffiraient donc à elles seules pour démontrer que dans la filtration sur le charbon il se produit réellement une action chimique, qui est certainement beaucoup plus importante que l'action physique.

On doit donner la préférence au charbon qui a été préparé en cornues, comme dans les fabriques d'acide pyroligneux, et le produit qui a été déjà employé et ensuite revivifié, comme on le verra plus loin, présente même un pouvoir absorbant plus énergique que le charbon neuf.

Le charbon peut être employé en poudre fine ou en morceaux.

Le plus souvent, on se sert d'un mélange formé de deux tiers environ de morceaux gros comme une noix et d'un tiers de poussier ou de petits grains. Il faut environ 100 kilogr. de charbon par 27,5 htl. de flegmes. Avec le charbon fin l'épuration est plus parfaite, mais elle est plus lente.

La filtration a lieu dans des cylindres verticaux en tôle, ayant le plus souvent 80 cm. de diamètre et 6 m. de hauteur, et munis à une faible distance de leur fond d'un faux-fond perforé recouvert d'une toile et au-dessus duquel se trouve un trou d'homme à fermeture hermétique pour l'extraction du charbon épuisé. Une autre ouverture ménagée dans le couvercle sert pour le chargement des filtres avec le charbon.

Plusieurs cylindres sont habituellement réunis en une batterie, formée d'un nombre d'éléments variable avec l'importance de l'usine et mis en communication au moyen de tuyaux, de façon que les flegmes puissent traverser successivement les différents éléments de la batterie. Les flegmes étendus d'eau (de manière à ne pas marquer plus de 47 à 60° G.-L.) pénètrent dans un premier filtre par sa partie supérieure, puis traversent la masse de charbon contenue dans cette dernière et, sortant par un tuyau vertical qui part de la partie inférieure du filtre, le liquide est déversé à la partie supérieure d'un autre filtre, et ainsi de suite. A l'aide d'un autre tube, on peut injecter de la vapeur dans les différents éléments de la batterie, qui sont aussi mis chacun en communication au moyen de tubes spéciaux avec un condenseur commun.

La figure 148 représente une batterie de filtres disposée d'après le système Savalle.

L'opération de la filtration est conduite à peu près de la manière suivante : Les filtres ayant été chargés de charbon et fermés, on commence par y injecter de la vapeur jusqu'à ce qu'ils soient bien chauds et qu'il ne s'en écoule plus d'eau de condensation ; on ferme alors le robinet donnant issue à celle-ci, et l'on fait arriver les flegmes dans le premier élément de la batterie. L'alcool, en pénétrant dans la masse du charbon, condense la vapeur d'eau contenue dans les pores de ce dernier et s'y substitue. Du premier filtre l'alcool passe dans le second, de celui-ci dans le troisième et ainsi de suite jusqu'au dernier ; dès que l'alcool, s'écoulant du

dernier, n'a plus la finesse qu'il offrait précédemment, on l'envoie dans un filtre nouvellement chargé et, absolument comme cela a

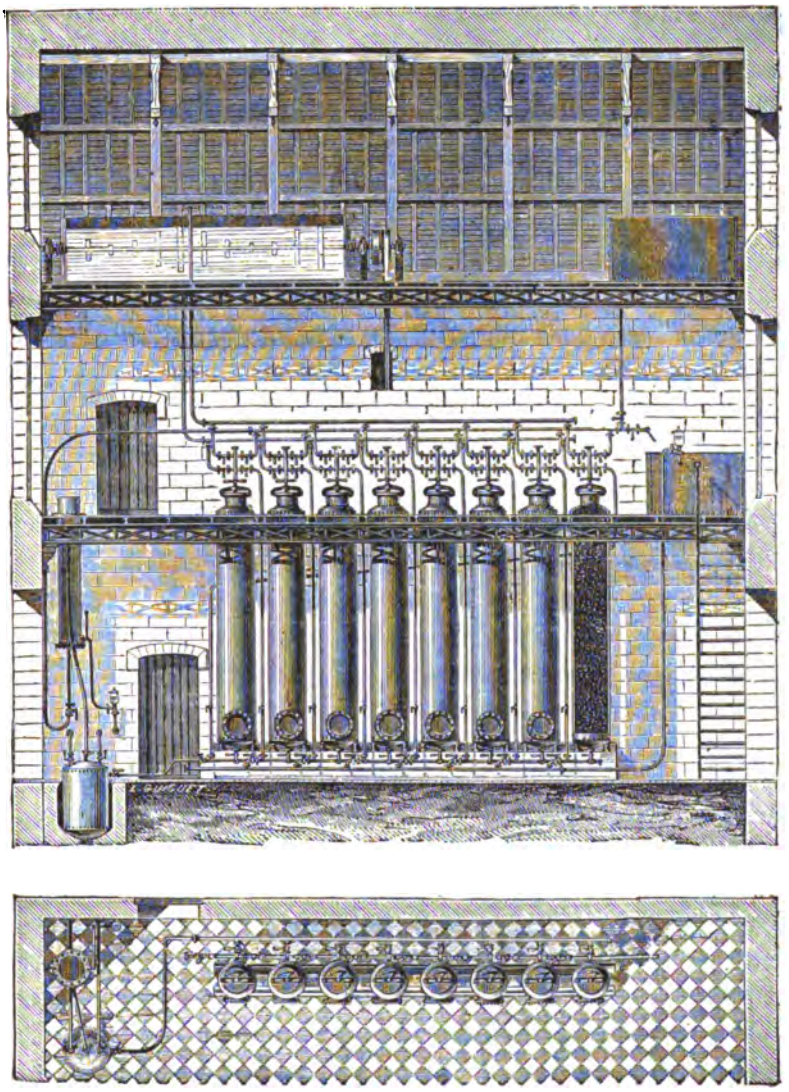


Fig. 148. — Filtres à charbon, système Savalle.

lieu dans l'extraction du jus de betteraves par macération ou diffusion, on fait successivement de chacun des éléments le premier et le dernier de la batterie.

Le charbon retient une certaine quantité d'alcool, que l'on récupère en le distillant au moyen d'un jet de vapeur envoyé dans chaque filtre, préalablement mis en communication avec le condenseur. On obtient ainsi un liquide trouble, laiteux, qu'on laisse clarifier et qu'on réunit aux flegmes. Malgré cette récupération de l'alcool retenu par le charbon, la filtration entraîne toujours une

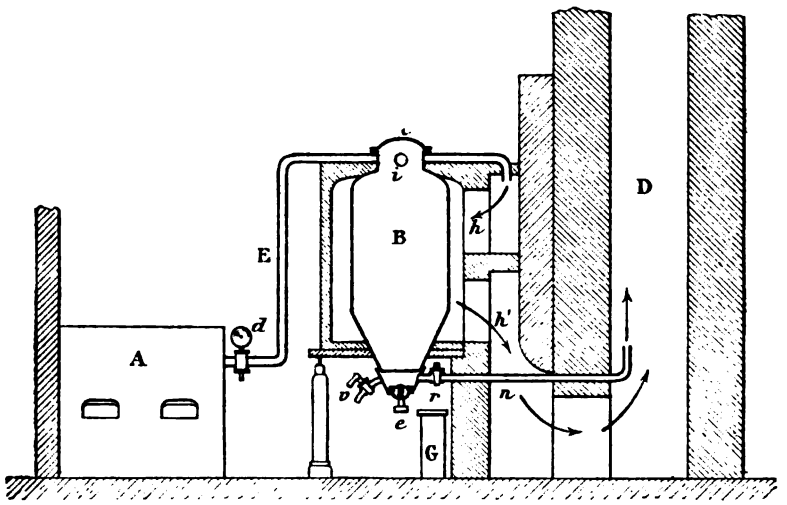


Fig. 149. — Appareil pour la revivification du charbon de bois par la vapeur d'eau surchauffée.

perte, qui s'élève fréquemment à 2 et même 2,5 p. 100 de l'alcool épuré.

Dès que le charbon d'un filtre est épuisé, on vide ce dernier et on le recharge de charbon frais ; ce filtre, par le jeu des robinets, devient alors le dernier de la batterie. On peut rendre au charbon retiré des filtres son activité première en le soumettant à la *revivification*.

Cette opération peut être effectuée dans des cornues en tôle analogues à celles dont on se sert pour la distillation du bois en vue de la fabrication d'acide pyroligneux. Le charbon est porté au *rouge sombre* et maintenu à cette température pendant quelque temps ; lorsqu'il ne se dégage plus de vapeurs par le col de la cornue, on bouche ce dernier et on retire la cornue du four, pour la laisser refroidir.

Dans quelques usines allemandes, la revivification a lieu par chauffage en vases clos, à l'aide de vapeur surchauffée. La figure 149 représente un appareil de ce genre. Le charbon à revivifier ayant été chargé dans la cornue B par son ouverture supérieure, sur laquelle on place ensuite le couvercle *c*, on ferme le robinet *v*, et l'on ouvre *r ;* on fait alors arriver la vapeur par *i* pendant quelques instants, afin de chasser l'air, qui se dégage par le tube *n* dans la cheminée D. Maintenant, tout en laissant pénétrer dans la cornue un léger courant de vapeur, on fait circuler celle-ci autour de B par les carneaux *h* et *h'*, d'où elle passe dans la cheminée, en suivant la direction des flèches. La vapeur est surchauffée en A et sa température est indiquée par le pyromètre *d ;* E est le tuyau amenant la vapeur surchauffée dans la cornue et autour de celle-ci. La revivification étant achevée, on supprime la vapeur, puis on ferme *r* et ouvre *c* et le robinet d'air *v ;* il se produit alors un tirage à travers la cornue, et le charbon surchauffé qu'elle renferme s'enflamme spontanément ; lorsque toute la masse est incandescente, on ferme *c* et *v* et, enlevant la porte à vis *e*, on laisse tomber le charbon dans l'étouffoir G.

Afin de réduire autant que possible la dépense résultant de la filtration des flegmes sur le charbon, E. Barbet commence par éliminer, dans sa colonne rectificatrice à pasteurisation, la presque totalité des éthers et des produits de queue et, au lieu d'employer pour la filtration du flegme pasteurisé ainsi obtenu du charbon en morceaux, il se sert de charbon en poudre, dont l'action épurante est bien supérieure à celle du premier et qui, en outre, se souille beaucoup moins, une grande partie des impuretés ayant déjà été enlevée par la rectification préliminaire. Le charbon peut, par conséquent, servir pendant un temps beaucoup plus long, de sorte que sa consommation est réduite à une quantité minime, soit 800 à 1 000 gr. par hectolitre de flegme à 40° ; cette quantité ne représentant que 10 centimes environ par hectolitre, on peut supprimer l'opération assez coûteuse de la revivification. En outre, les pertes d'alcool se trouvent notablement réduites par l'emploi de ce procédé, surtout si, après la filtration, on lave le charbon avec de l'eau et si l'on emploie celle-ci pour étendre l'alcool.

D'après le procédé indiqué par R. et A. Collette, qui emploient

également le charbon fin, le mélange de ce dernier avec les flegmes est filtré dans un filtre-presse à lavage, et le charbon retiré des filtres est distillé et ensuite revivifié dans un four à pots. Isoli a également proposé une méthode de filtration basée sur l'emploi du charbon fin.

Indépendamment de la rectification et de la filtration sur le charbon dont nous venons de nous occuper, il a été proposé pour le raffinage de l'alcool brut un grand nombre d'autres procédés physiques ou chimiques ; mais comme, jusqu'à présent, la plupart de ces procédés n'ont pas donné dans la pratique des résultats satisfaisants, nous nous bornerons à signaler celui qui a été imaginé en 1887, par Bang et Rufin, lequel repose sur l'absorption des impuretés contenues dans les flegmes par un hydrocarbure à 0,820 de densité, extrait du pétrole.

.Ce procédé, qui est employé sur une grande échelle par la Société des alcools purs, donnerait des rendements plus élevés que la rectification. Les flegmes étendus à 28° G.-L. et chauffés à 50°, sont traités méthodiquement par l'hydrocarbure, c'est-à-dire qu'on fait passer ce dernier successivement à travers trois cuves remplies de flegmes à des degrés différents de purification ; après son passage à travers les flegmes, le pétrole est régénéré par un traitement à l'acide sulfurique concentré, qui dissout les impuretés enlevées à l'alcool brut et le rend ainsi propre à un nouvel emploi.

CHAPITRE X

RÉSIDUS DE LA DISTILLATION

I. — Résidus de la distillation des matières amylacées.

a. Résidus du travail par le malt.

Les résidus de la distillation des matières amylacées sont désignés sous le nom de *vinasses* ou de *drèches liquides ;* c'est le moût *dépouillé d'alcool* qui, après la distillation, reste dans l'appareil distillatoire.

Les vinasses offrent, comme on le sait, une grande importance agronomique et la fabrication de l'alcool dans les distilleries agricoles doit être regardée comme un moyen pour se procurer à aussi bon marché que possible, par la vente de ce produit, une excellente nourriture pour le bétail.

A ce sujet, nous devons dire tout d'abord que les vinasses provenant de matières premières différentes sont extrêmement différentes quant à leur valeur et qu'en outre la teneur en eau plus ou moins grande de la vinasse dépend surtout de la construction de l'appareil distillatoire. Si, par exemple, il se condense dans ce dernier de grandes quantités de la vapeur employée pour la distillation et si l'eau résultant de sa condensation vient se mêler à la vinasse, celle-ci devient naturellement plus riche en eau. Cela arrive surtout avec les anciens appareils à chaudière du système Pistorius. Les appareils continus à une seule colonne donnent déjà une quantité de vinasse moindre, c'est-à-dire plus pauvre en eau que celle des appareils à chaudières. La quantité de vinasse sortant des appareils continus à deux colonnes est à peu près égale à la quantité du moût distillé.

Dans ce qui va suivre, nous parlerons de la connexion intime

qui existe entre l'économie rurale et la distillerie, et nous rechercherons comment la fabrication de l'alcool peut être utile à l'exploitation rationnelle du sol.

Nous admettrons qu'un distillateur agricole travaille des pommes de terre qu'il a lui-même produites, à l'aide de malt préparé avec de l'orge provenant également de ses terres. Ces deux matières premières, les pommes de terre et l'orge, indépendamment d'une grande quantité d'amidon, contiennent surtout des substances azotées, un peu de matières grasses et de substances minérales.

L'amidon des matières premières est saccharifié par la diastase du malt, le sucre est transformé en alcool par le champignon de la levure et l'alcool est séparé par distillation. Il reste la vinasse, où l'on retrouve, à l'exception du sucre, c'est-à-dire de l'amidon détruit par la fermentation, tous les autres éléments des matières premières.

Dans l'alimentation du bétail avec la vinasse, les principes azotés et les matières grasses contribuent soit à la production du lait, soit à la production de la chair, tandis que les substances non utilisées par les animaux, surtout les principes minéraux et les éléments des cendres, retournent à la terre par l'engrais produit par le bétail et là ils sont de nouveau utilisés par les plantes, pour lesquelles ils constituent un excellent aliment.

Cette courte description suffit pour montrer qu'avec une distillerie agricole, on peut rendre entièrement à la terre tous les éléments nutritifs des plantes, à l'exception de l'amidon, que le végétal, comme on le sait, peut former aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau atmosphérique (voy. p. 31). Il n'y a donc que ce qui est enlevé au sol sous forme de lait ou de viande, qui sont vendus, que l'on soit obligé de remplacer.

Ce qui vient d'être dit peut être résumé brièvement, et d'une manière précise de la manière suivante : Comme la vinasse renferme encore toutes les substances nutritives des pommes de terre et de l'orge, à l'exception des hydrates de carbone transformés en alcool, l'alimentation par la vinasse permet l'élève du bétail sur une grande échelle. De cette façon, on produit des engrais et on rend au sol les substances nutritives renfermées dans les matières premières de la préparation de l'alcool.

La composition de la vinasse varie suivant la matière première employée pour la production de l'alcool, ainsi que suivant le mode de construction de l'appareil distillatoire. La vinasse est, comme on le verra, une matière extrêmement riche en eau ; pour obvier à cette grande richesse en eau, qui sous beaucoup de rapports est considérée comme un inconvénient, on prépare de préférence des moûts épais, on opère la distillation par chauffage à l'aide de vapeur indirecte, on écoule séparément les produits de queue et même on distille les pommes de terre avec un peu de maïs.

Dans ce qui suit nous donnons la composition *moyenne* de la vinasse provenant de différentes matières premières. En présence des énormes variations que la vinasse peut offrir dans les différents cas, je dois rappeler ici de nouveau combien peut être erroné un calcul quelconque, par exemple celui de la valeur nutritive, basé sur des nombres moyens.

	COMPOSITION MOYENNE DE LA VINASSE DE			
	Pommes de terre.	Seigle.	Maïs.	Dari.
Eau	94,6	91,0	90,6	90,2
Matières azotées	1,3	1,9	2	2
— non azotées	2,5	5,2	4,9	5,1
Matière grasse	0,2	0,3	1	0,7
Ligneux	0,9	1,0	1	1,1
Cendres	0,5	0,6	0,5	0,8

Pour que le lecteur puisse se rendre compte des grandes variations qui peuvent se produire dans la composition de la vinasse, je donne ici les résultats analytiques obtenus avec différents échantillons de ce produit :

Eau.	Substances minérales.	Matières azotées.	Ligneux.	Matières non azotées.	Matière grasse.
95,0	0,5	1,0	0,6	2,8	0,15
94,4	0,7	1,4	0,6	2,7	0,20
95,0	0,5	1,0	0,7	2,6	0,14
95,0	0,4	1,3	0,5	2,6	0,18
92,9	0,8	1,4	0,8	4,14	
92,0	0,4	0,8	0,5	1,13	0,14
96,2	0,8	1,9	1,4	2,64	0,23

La vinasse résultant de la préparation d'eau-de-vie avec des fruits sucrés peut aussi être employée pour la nourriture du bétail, comme le montre la composition des vinasses des fruits suivants :

	Cerises.	Baies d'airelle myrtille.	Prunes.	
Eau	81,1	92,1	93,44	90,17
Matières azotées. . . .	1,6	0,7	0,42	0,62
Matières non azotées. .	8,4	4,8	4,76	6,72
Matière grasse.	0,9	0,3	0,19	0,59
Ligneux (noyaux compris)	7,0	1,5	0,38	1,30
Cendres.	1,0	0,6	0,61	0,6

La teneur en eau est, comme on le voit d'après les chiffres qui précèdent, extrêmement élevée dans toutes les sortes de vinasses. Il ne peut du reste être question de son influence nuisible sur les animaux que si ceux-ci reçoivent dans la ration de vinasse qui leur est donnée des quantités d'eau plus grandes que celle qu'autrement ils absorberaient comme eau de boisson.

Mais l'agronome nourrisseur ne doit pas manquer de tenir compte des grandes variations que présentent les vinasses dans leur teneur en substance sèche, c'est ainsi, par exemple, que dans 100 kg. d'une vinasse il peut y avoir 10 kg., de substance sèche, tandis que la même quantité d'une autre vinasse n'en contiendra que 5 kg. Si maintenant on veut donner à un animal une quantité déterminée de substance sèche, il suffira de lui donner moitié moins de la première.

Quelques points très importants relativement à l'alimentation par les vinasses doivent encore attirer l'attention.

La *température* avec laquelle la vinasse doit être donnée aux animaux offre surtout une très grande importance. Pour que la vinasse soit un aliment sain, il faut la faire prendre aussi chaude que possible. Lorsqu'on ne tient pas compte de cela, lorsqu'on abandonne la vinasse à elle-même pendant longtemps et qu'on la laisse se refroidir, des organismes nuisibles à la santé, pour la multiplication desquels la vinasse constitue un milieu nutritif tout à fait convenable, peuvent se développer en assez grand nombre pour produire chez le bétail des troubles digestifs et même des phénomènes morbides.

Le développement de ces organismes microscopiques deviendra d'autant plus abondant que l'acidité de la vinasse aura pris elle-même plus d'accroissement.

Les manquements sur ce point sont encore beaucoup plus fréquents qu'on ne saurait le penser. C'est ainsi que dans la dernière campagne, lors de l'inspection d'une distillerie, on m'apprit que les *malandres des vinasses*[1] régnaient depuis des années dans l'étable et l'on m'indiqua comme cause probable de cette affection le fonctionnement défectueux de l'appareil distillatoire. Mais ce n'était pas cela, car le moût parfaitement fermenté était très bien désalcoolisé et les produits de queue n'étaient pas mélangés avec la vinasse. Cette dernière à l'état frais marquait 0°,6 à l'acidimètre. Mais un échantillon pris dans la citerne à vinasse se fit immédiatement remarquer par son odeur extrêmement repoussante et par une teneur en acide de 2° à l'acidimètre. La citerne n'était jamais vidée entièrement, et par conséquent aussi jamais nettoyée à fond, de là cette forte acidité, qui était la conséquence d'une décomposition de la vinasse. Lorsqu'on eut pris soin de vider complètement la citerne chaque jour et de la nettoyer et désinfecter avec soin, la maladie disparut peu à peu.

Si l'on veut empêcher complètement le développement des germes dans la vinasse ou, s'ils ont déjà commencé à se développer, mettre obstacle à leur pullulation ultérieure, on peut établir dans le réservoir à vinasse un tuyau amenant la vapeur d'échappement de la machine; lorsque cela n'est pas possible, on chauffe la vinasse refroidie jusque dans le voisinage de son point d'ébullition avant de la donner aux animaux.

Les vases à vinasse en bois doivent être complètement vidés chaque jour, puis nettoyés tout à fait à fond à la vapeur ou à l'eau bouillante et ensuite enduits de chaux ou mieux encore de bisulfite de chaux étendu.

[1] Les malandres des vinasses s'observent surtout à la suite de l'alimentation par les *vinasses de pommes de terre;* cette maladie consiste en une inflammation érysipélateuse de la peau des extrémités des animaux nourris avec ce produit.

Dans les cas graves, la maladie n'atteint pas seulement la surface de la peau; le derme lui-même est atteint de gangrène et celle-ci se propage au ligament capsulaire du sabot et à l'os lui-même. Les animaux éprouvent alors des douleurs intenses, ils sont immobiles et finissent par avoir une paralysie du cœur, dont ils meurent.

Les citernes en maçonnerie devraient au moins être revêtues de ciment. On ne devrait jamais conserver du jour au lendemain une ration de vinasse.

Lorsqu'on se sert dans la distillerie d'acide fluorhydrique (d'après le procédé Effront), l'action de cet antiseptique se fait aussi sentir jusque sur la vinasse, en empêchant celle-ci de devenir acide, même lorsque les conditions sont favorables pour cela. D'après ce que j'ai vu dans un grand nombre de distilleries, je puis constater que depuis qu'on se sert d'acide fluorhydrique la maladie des malandres se rencontre beaucoup plus rarement, bien que je ne veuille pas voir dans l'emploi de cet acide un remède absolument certain ou universel contre cette terrible maladie des bêtes à cornes.

Je dois d'ailleurs ajouter que de temps à autre les malandres des vinasses, ou du moins une maladie en offrant tous les symptômes, font leur apparition dans une étable où jamais il n'a été donné de vinasse et que les opinions les plus divergentes ont été émises relativement à cette maladie et à ses causes.

On s'est souvent demandé si les appareils distillatoires à deux colonnes dans lesquels sont séparés les produits de queue (les huiles mêlées avec de l'eau) doivent être préférés aux appareils à une seule colonne, dans lesquels la séparation de ces produits n'a pas lieu, ou, en d'autres termes si la vinasse contenant les produits de queue exerce une fâcheuse influence sur les animaux auxquels on la donne. Ainsi on a voulu fréquemment attribuer l'apparition des malandres des vinasses à la présence des produits de queue dans la boisson. Cependant l'expérience a montré qu'il n'existe pas de rapport direct entre la présence des produits de queue dans la vinasse et l'apparition des malandres. Mais comme la teneur en eau de la vinasse est déjà par elle-même élevée, c'est une raison suffisante, pour en séparer les produits de queue.

Relativement à l'appréciation de la valeur de la vinasse, nous ne pouvons donner dans cet ouvrage que des indications très succinctes. On admet *en général* que 100 kg. de vinasse de :

Pommes de terre valent	1,35 fr. à 1,40 fr.
Seigle et maïs —	6,00 — à 6,40 —

Dans chaque cas particulier, on détermine la valeur de la vinasse à l'aide d'un calcul simple, comme on peut s'en rendre compte d'après l'exemple suivant :

On travaille dans une distillerie 800 kg. de pommes de terre à 20 p. 100 de fécule et 30 kg. d'orge par 1 000 litres de capacité de cuve. Le prix des pommes de terre est de 3 fr. 75 les 100 kg., celui de l'orge de 13 fr. également les 100 kg. Le prix de vente de l'alcool s'élève à 62 fr. 50-68 fr. 75. On retire de 100 kg. d'amidon 60 litres d'alcool.

D'après cela, les *dépenses* s'élèvent aux chiffres suivants :

800 kg. de pommes de terre à 3,75 fr. les 100 kg.	30,00 fr.
30 kg. d'orge à 13 fr. les 100 kg	3,90 —
Frais généraux, y compris l'impôt de 2,50 fr. par hectolitre.	25,00 —
Total.	58,90 fr.

Les recettes se montent aux chiffres suivants :

800 kg. de pommes de terre à 20 p. 100 de fécule.	160 kg. d'amidon.
30 kg. d'orge à 60 p. 100 d'amidon	18 — —
Soit un total de.	178 kg. d'amidon.

Avec un rendement de 60 litres par 100 kg. d'amidon, cela fait 106,68 litres d'alcool, ce qui représente, le prix de vente de l'hectolitre d'alcool étant de 62 fr. 50, une valeur de 66 fr. 75. Il reste par conséquent pour la vinasse de 1 000 lit. de capacité de cuve une somme de 66 fr. 75 — 58 fr. 90 = 7 fr. 85 ou par 100 kg. de pommes de terres une valeur de vinasse de 0 fr. 975. Mais si le prix de l'alcool, celui-ci étant obtenu dans les mêmes conditions, est de 68 fr. 75 l'hectolitre, 1 000 lit. de capacité de cuve représentent une valeur en vinasse de 14 fr. 50, ce qui fait revenir le prix de la vinasse par 100 kg. de pommes de terre à 1 fr. 80-1 fr. 85. On voit, d'après cela, combien la valeur de la vinasse est différente suivant le prix de l'alcool, etc.

Nous devons ici combattre un opinion encore très répandue parmi les distillateurs agricoles, mais absolument erronée, opinion d'après laquelle, au point de vue agronomique, il serait plutôt profitable que désavantageux que les moûts fermentés et par suite les vinasses continssent encore une proportion relativement grande

d'amidon et de sucre, par conséquent des substances non azotées.

Le but de la distillerie agricole est de transformer l'amidon contenu dans les matières premières aussi complètement que possible en l'alcool, afin d'obtenir par la vente de ce dernier un aliment pour le bétail aussi peu cher que possible. Plus cette utilisation de l'amidon est complète, plus est rationnelle la manière dont la fabrication est conduite.

Mais, abstraction faite de cela, on ne doit pas, dans l'alimentation du bétail, considérer uniquement la quantité absolue des différentes substances nutritives; il faut aussi tenir compte du rapport dans lequel se trouvent les substances non azotées et les substances azotées.

Dans les pommes de terre, par exemple, ce rapport est très large, c'est-à-dire que ces tubercules renferment, comparativement aux substances azotées, tant de substances non azotées (amidon) que l'utilisation des différentes matières nutritives dans le corps de l'animal est incomplète. C'est pour cela que plus on transforme d'amidon en alcool au moyen d'un travail bien conduit, par conséquent plus il disparaît d'amidon, plus le rapport des substances nutritives contenues dans la vinasse est étroit et plus il est profitable au corps de l'animal. Ou, en d'autres termes : La distillerie convertit une matière première relativement pauvre en azote en un aliment riche en azote.

Un distillateur se trompe donc complètement lorsque, ses moûts ayant mal fermenté, il veut trouver une compensation à la perte d'alcool qui en résulte dans l'utilisation du sucre non décomposé lors de l'emploi de la vinasse, où ce sucre est resté, pour l'alimentation du bétail.

Vinasse sèche. — Par suite de sa grande teneur en eau, la vinasse sortant des appareils distillatoires ne peut être ni conservée, ni transportée.

L'évaporation et la dessiccation de la vinasse n'offrent qu'une importance tout à fait secondaire pour les petites distilleries. Mais si les très grandes usines établissent des appareils à dessiccation, elles s'assurent ainsi l'utilisation de leurs résidus; elles rendent la fabrication indépendante aussi bien de la saison que de la tempéra-

ture, comme des conditions locales et de tous événements. En effet, la vinasse desséchée constitue une marchandise qui peut être conservée et transportée, et, par suite, suivant les circonstances, trouver des débouchés.

[Parmi les nombreux appareils qui ont été imaginés pour la dessiccation des drèches liquides, nous citerons ceux de Hencke (construit en Allemagne par Venuleth et Ellenberger), de Gontard, de Theisen et de Donard et Boulet, qui présentent chacun leurs avantages particuliers.]

Dans le tableau suivant nous indiquons la composition de différentes sortes de vinasses sèches :

	VINASSE DE CÉRÉALES		VINASSE de MAÏS	VINASSE DE SEIGLE ET D'ORGE		
	1	2		1	2	3
Eau	8,58	9,53	7,80	11,0	9,50	14,36
Matières grasses	5,55	4,94	15,60	4,20	5,10	5,78
Protéïne brute	21,38	22,56	27,60	20,09	23,0	24,52
Substances extractives non azotées	50,31	45,15	30,60	»	48,20	40,89
Ligneux	11,18	10,18	14,20	»	9,20	10,55
Cendres	3,05	7,21	4,20	»	5,0	3,90

b. **Résidus du travail des matières amylacées par les acides.**

[Comme on l'a dit précédemment (p. 192), les résidus du travail des grains par *saccharification à l'air libre* au moyen des acides ne peuvent pas servir pour la nourriture du bétail ; on a donc essayé de les utiliser d'une autre façon. C'est ainsi que Porion et Mehay passent les drèches dans un filtre-presse et qu'après extraction de l'huile qu'elles renferment, s'il s'agit de maïs, ils emploient les tourteaux comme engrais ; ces derniers renferment de notables quantités d'azote et d'acide phosphorique.

Dans la *saccharification sous pression* la dose d'acide employée étant moins grande que dans le procédé à l'air libre, on peut utiliser les drèches pour nourrir le bétail ; il suffit pour cela de les soumettre à une première pression dans un filtre-presse, puis de délayer dans de l'eau les tourteaux obtenus et de repasser ensuite la masse préalablement bouillie dans le filtre-presse.

Dans le procédé de saccharification sous pression indiqué par Billet, les moûts sucrés sont filtrés avant la fermentation, les tourteaux sont lavés, puis pressés une ou deux fois, et ils peuvent alors être donnés aux bestiaux. Enfin, les drèches provenant du traitement des grains par la méthode proposée par Bondonneau et Foret, ne conservent plus d'acidité et sont bien acceptées des animaux.

Tous les procédés dont il vient d'être question ne se sont d'ailleurs que peu généralisés en France, et c'est pour cela que dans le chapitre relatif à la préparation des moûts sucrés nous avons passé sous silence les méthodes de Billet et de Bondonneau et Foret.]

c. Résidus du travail des matières amylacées par le procédé Collette et Boidin.

[Les drèches résultant du traitement du maïs par ce procédé (voy. p. 374) sont très riches en matières grasses. Elles sont données aux animaux, soit à l'état liquide, telles qu'elles sortent des colonnes distillatrices, soit après avoir été passées dans des filtres presses. Les tourteaux ainsi obtenus renferment 70 à 72 p. 100 d'eau. A l'aide des appareils de Donart et Boulet, on peut les dessécher dans le vide et les transformer en poudrettes contenant, avec 10 p. 100 d'eau, 6,75 à 7,25 p. 100 d'azote et 20 à 22 p. 100 d'huile : on peut aussi en retirer l'huile avec l'éther de pétrole, après les avoir desséchés.]

II. — Résidus de la distillation des matières sucrées.

[Les *résidus de la distillation des betteraves* sont la pulpe et la vinasse.

La *pulpe*[1] offre pour l'agriculture une très grande importance, parce qu'elle constitue pour le bétail une excellente nourriture, qui a d'autant plus de valeur qu'elle peut se conserver pendant longtemps.

La pulpe résultant de l'extraction du jus des betteraves par les

[1] D'après Briem, *Die Rübenbrennerei*, p. 125 et suiv.

presses renferme moins d'eau que celle qui provient de la macération ou de la diffusion. Dans la première, on trouve 75 à 78 p. 100 d'eau, tandis que dans la seconde il y en a 95 à 96 p. 100. Maerker a calculé qu'une tête de gros bétail en absordant 50 kg. de résidus de diffusion avec une teneur en eau de 90 p. 100 seulement dépenserait sans profit 9 900 calories, ce qui représente une perte en amidon de 2,5 kg. environ. La pulpe des presses est donc, d'après cela, supérieure à celle de macération ou de diffusion, et est, par suite, plus recherchée. Mais si, à l'aide d'une presse spéciale, comme celle de Klusemann, par exemple, on déshydrate les cossettes sortant des diffuseurs, on peut obtenir de 100 kg. de betteraves, suivant le degré de la pression, 50 à 60 kg. de pulpe avec une teneur en matière sèche de 9 à 7 p. 100. Le résidu est alors plus facile à transporter; il est, en outre, plus convenable pour l'alimentation du bétail et se conserve mieux.

Les pulpes de macération et de diffusion à la vinasse des distilleries se distinguent de celles des fabriques de sucre par leur plus grande richesse en matières azotées et ont, par suite, une valeur nutritive plus élevée. Schwandler a, en effet, trouvé dans la substance sèche de cossettes de distillerie 13,30 p. 100 de *matière protéïque*, tandis que la pulpe de sucrerie n'en renferme ordinairement que 10 p. 100 en moyenne. Briem est arrivé au même résultat; voici, d'après lui, des analyses de pulpes de sucrerie et de pulpes de distillerie déshydratées à l'aide de presses :

		Pulpes de distillerie.		Pulpes de sucrerie.	
Eau			84,68		86,30
Substance sèche.	Ligneux	3,63		3,10	
	Cendres	0,81		0,90	
	Matière grasse	0,22	15,22	0,30	13,70
	Protéine brute	1,71		1,50	
	Substances extractives non azotées	8,95		7,90	
			100,00		100,00

La pulpe de distillerie renferme donc 15,22 p. 100 de substance sèche et la pulpe de sucrerie 13,70 p. 100. La substance sèche de la première contient 11,20 p. 100 de protéïne brute, celle de la seconde 10,95 p. 100.

On voit par les chiffres qui précèdent que la différence entre les deux sortes de pulpes porte précisément sur les éléments les plus importants, l'avantage étant pour les pulpes de distillerie.

Les analyses suivantes, effectuées par SIEGEL (BRIEM, *loc. cit.*, p. 128) sur des pulpes non pressées, dont les unes ont été obtenues par macération à l'eau chaude et les autres par macération à la vinasse également chaude, font ressortir cette différence avec une netteté encore plus grande :

	Cossettes macérées à l'eau.	Cossettes macérées à la vinasse.
Eau	93,11	92,64
Cendres	0,55	0,84
Ligneux	1,48	1,44
Sucre	1,72	1,34
Hydrates de carbone	2,93	2,99
Matières protéïques	0,21	0,77
	100,00	100,00

La pulpe est conservée de la même manière que dans les sucreries, où, le plus ordinairement, on se contente de l'entasser en la pressant fortement dans de grandes fosses creusées en plein air ou silos ; la portion de pulpe qui dépasse le niveau du sol est disposée en talus et recouverte de terre. Lorsque les silos sont établis avec soin, la pulpe peut se conserver pendant un an, mais au bout de cinq à six mois, elle commence déjà à perdre de sa valeur nutritive. C'est pour cela que l'on a songé à dessécher les cossettes et que dans ce but on a imaginé des dispositifs qui ont été employés avec succès dans plusieurs sucreries. Une tonne de pulpe ainsi traitée reviendrait à 50 fr. environ, la valeur de la pulpe sortant des presses *Klusemann* étant comptée à 5 fr. La pulpe desséchée ayant une valeur de 70 à 100 fr., suivant les localités, l'avantage du nouveau procédé est évident.

La *pulpe des topinambours* est traitée comme celle des betteraves; elle a à peu près la même valeur que cette dernière, bien que généralement elle soit considérée comme plutôt inférieure.

La *vinasse* provenant de la distillation des betteraves renferme, comme les drèches liquides fournies par les pommes de terre et les grains, une grande quantité d'eau par rapport à celle des substances sèches. Celles-ci sont en majeure partie composées des

bases salines contenues dans la betterave, le reste étant formé d'une faible quantité de matières azotées et de traces de sucre et de dextrines. On voit, d'après cela, que les vinasses de betteraves n'ont aucune valeur nutritive et que, sous ce rapport elles diffèrent essentiellement des vinasses obtenues par distillation des matières amylacées. La meilleure manière d'en tirer parti, lorsque c'est possible sans trop de frais, c'est de les répandre dans les champs et, de cette façon, on restitue au sol les sels qu'elles renferment et que les betteraves avaient enlevés à ce dernier.

Vinasses de mélasses. — De même que les vinasses de betteraves, les vinasses des distilleries de mélasse sont tout à fait impropres à l'alimentation du bétail. Elles contiennent, à l'exception du sucre détruit par la fermentation, tous les éléments de la mélasse et ceux de la levure ajoutée. Elles sont employées pour la fabrication de sels potassiques et, à cet effet, elles sont évaporées à consistance sirupeuse et ensuite calcinées dans un four particulier. Le résidu de la calcination ou le salin contenant en moyenne 10 p. 100 de sels de potasse, 21 p. 100 de sels de soude et 18 p. 100 d'humidité et de substances insolubles — carbonate et phosphate de chaux, charbon — est soumis à un lessivage méthodique, qui donne comme produit principal du carbonate de potasse. Le résidu insoluble est employé à l'amendement des terres, surtout de celles où la betterave est cultivée.]

III. — Résidus de la rectification de l'alcool brut.

[Les résidus de la rectification de l'alcool brut, les *éthers* et les *huiles de fousel*, sont vendus à différentes industries, parmi lesquelles la fabrication des vernis et du celluloïde en consomment de grandes quantités ; une certaine quantité est également employée par les fabricants de produits chimiques pour la préparation à l'état pur des corps contenus dans ces résidus. Enfin, une autre partie est ajoutée aux alcools dénaturés.]

CHAPITRE XI

DES MÉTHODES ANALYTIQUES EN GÉNÉRAL ET DES ANALYSES DE CONTROLE EN PARTICULIER

Dans les pages suivantes nous donnerons un court aperçu des analyses les plus importantes, telles qu'elles sont effectuées en vue du contrôle de la fabrication par le distillateur lui-même ou dans un laboratoire spécial par un chimiste.

A. — FABRICATION DE L'ALCOOL AVEC LES MATIÈRES AMYLACÉES

I. — Analyse du malt vert et du malt touraillé.

L'examen extérieur du malt vert d'orge doit porter sur les points suivants :

Les radicelles doivent être aussi nombreuses que possible — cinq à sept — et avoir deux fois à deux fois et demie la longueur du grain. Elles doivent être blanches, non jaunies, et être encore abondamment remplies de liquide. (Le malt séché à l'air a au contraire des radicelles jaunies, desséchées et déjà en partie tombées.)

Le *germe foliacé* (plumule) doit, d'après ma propre expérience, avoir toujours atteint une longueur égale à une fois et demie celle du grain, mais il ne doit pas être plus long que le double de la longueur de ce dernier.

La *désagrégation du noyau farineux* doit être telle que le grain se laisse facilement écraser entre les doigts.

Le *malt* doit contenir aussi peu que possible de grains étrangers et de grains non germés.

L'*odeur* doit être fraîche et aromatique ; elle peut quelquefois rappeler l'odeur de concombres ou de fruits.

Il doit y avoir absence complète ou à peu près complète de moisissures.

Détermination de la teneur en eau du malt vert. — Depuis quelque temps on pratique de plus en plus fréquemment la préparation du malt dit *malt long*, préparation dans laquelle on a coutume d'humecter encore le tas de malt dans les derniers jours qui précèdent son emploi ; cette manière de procéder donne souvent des malts extrêmement riches en eau. Les variations dans la teneur en humidité des différents échantillons de malt vert sont, par suite, très grandes, et elles oscillent entre 35 et 65 p. 100 ; un malt normal moyen contient environ 45 à 48 p. 100 d'eau.

Cette composition variable rend donc souvent absolument nécessaire une détermination de la teneur en eau, pour laquelle on procède de la manière suivante :

Dans une capsule de verre (munie d'un couvercle), on pèse exactement 10 à 12 gr. de malt entier, concassé ou moulu, on les dessèche ensuite à 105° dans une étuve à air et l'on pèse de nouveau. On dessèche encore pendant une heure et l'on procède à une nouvelle pesée. On continue ainsi jusqu'à ce que le poids ne varie plus.

La perte de poids est calculée pour 100 parties et indiquée comme teneur en eau.

Détermination du pouvoir fluidifiant et saccharifiant du malt. — De tous les essais auxquels on soumet le malt de distillerie, que ce soit du malt vert ou du malt touraillé, celui qui est relatif à son *énergie fermentative*, c'est-à-dire à son pouvoir fluidifiant et saccharifiant sur l'amidon, est sans contredit le plus important de tous.

Les méthodes d'essai décrites dans les pages suivantes ont été indiquées par Effront et sont employées depuis longtemps dans mon laboratoire. Le procédé est extrêmement simple. *La détermination du pouvoir saccharifiant d'un malt est effectuée non pas en employant un amidon soluble quelconque, mais avec un amidon d'un type tout particulier, ayant par conséquent une composition*

tout à fait déterminée, et toujours à la température de 60°. C'est certainement à cela que la méthode d'EFFRONT doit sa supériorité sur celle de LINTNER.

On peut se procurer l'amidon type soluble d'EFFRONT chez H. KÖNIG et Cie, à Leipzig, chez ROBERT DROSTEN, à Bruxelles, ou au laboratoire de l'auteur à Weihenstephan (Bavière).

a. *Détermination du pouvoir saccharifiant* (d'après EFFRONT). — *Préparation de l'extrait de malt.* — Dans un petit ballon d'ERLENMEYER, on chauffe au bain-marie à 60°, pendant une heure, avec 100 cm³ d'eau distillée, 6 gr. de malt concassé (malt vert) ou moulu (malt touraillé).

Ensuite, on refroidit et l'on filtre. L'extrait de malt ainsi obtenu sert pour la détermination du pouvoir saccharifiant et fluidifiant du malt.

Préparation de la solution d'amidon. — 2 gr. de fécule de pommes de terre soluble d'EFFRONT sont dissous à l'ébullition dans de l'eau et le volume est porté à 100 cc. ; on étend ensuite 50 cc. de la solution (par conséquent 1 gr. de fécule) avec 107,5 cc. d'eau et l'on ajoute 2,5 cc. de l'extrait du malt préparé comme il est dit plus haut, afin de produire la saccharification ; ce liquide est de nouveau chauffé au bain-marie pendant une heure à 60°, puis il est porté rapidement à l'ébullition et refroidi.

On procède ensuite à la détermination de la quantité de la maltose produite par la saccharification. Dans plusieurs tubes à essais (cinq ou six), on verse 2 cm³ de liqueur de FEHLING (voy. p. 37) et on y ajoute des quantités différentes de la solution sucrée; on fait bouillir sur une flamme et ensuite on place le tube pendant cinq à dix minutes dans un bain-marie en ébullition. On détermine ensuite combien de centimètres cubes de la solution d'amidon soumise à la saccharification sont nécessaires pour décolorer les 2 cm³ de liqueur de FEHLING.

La manière la plus rapide d'arriver au but est la suivante : Dans le premier tube on ajoute d'abord aux 2 cm³ de liqueur de FEHLING une quantité de la solution de sucre produite un peu plus petite que celle qui est nécessaire pour obtenir la réaction. Dans le second tube, on ajoute 1 cm. de plus, et ainsi de suite.

Après avoir ainsi opéré en ajoutant 1 cm. de plus dans chaque tube, on recommence l'expérience en ne procédant à l'augmentation du volume de solution sucrée, versée de tube en tube, que par 0,25 cm³.

Le nombre des centimètres cubes de la solution d'amidon traitée par l'extrait de malt qui est nécessaire pour la réduction complète de 2 cm³ de liqueur de FEHLING indique ce qu'on appelle le chiffre de saccharification du malt essayé.

L'échelle suivante peut convenir pour le malt vert d'orge :

4 à 5 cm³	Excellent malt.
6 à 7 —	Bon malt.
7 à 9 —	Malt médiocre.
9 à 12 —	Mauvais malt.

Des orges brutes non maltées, essayées exactement comme des malts donnèrent un chiffre de saccharification de 15 cm³ environ.

Avec des *malts touraillés de distillerie* on obtient, à cause de leur teneur en eau beaucoup moindre (seulement 8 à 11 p. 100 en moyenne), des chiffres de saccharification encore un peu meilleurs. Ici on trouve même souvent avec des malts touraillés avec précaution (germe foliacé deux tiers de la longueur du grain, température de touraillage maxima 52°,50 dans le malt) des chiffres de saccharification de 3,5 à 3,8 cm³; avec 4 à 5 cm³ un malt touraillé est encore bon, tandis que les chiffres de 6 à 7 cm³ sont déjà insuffisants.

D'après mes recherches, des malts de brasserie bien séchés à l'air, puis desséchés et ensuite fortement touraillés donnent encore fréquemment des chiffres de saccharification de 3,8 à 4 cm³, tandis que si le touraillage est fait sans précaution, on obtient des chiffres de 7 à 8 cm³.

b. *Détermination du pouvoir fluidifiant des malts verts et des malts touraillés.* — On emploie pour cette détermination de l'amidon de riz d'*Hoffmann*, qui à chaque fois doit être ramené à l'amidon de riz type d'EFFRONT, dont 40 gr. exigent 3,8 cm³ d'acide sulfurique normal décime, de façon qu'il donne les mêmes chiffres; 40 gr. de l'amidon de riz ramenés au type EFFRONT sont triturés avec un

peu d'eau et le mélange est étendu à 100 cm³ dans un ballon jaugé. (L'amidon d'Hoffmann, actuellement employé dans mon laboratoire, exige pour concorder avec le type d'Effront, une addition de 5 cm³ d'acide sulfurique normal décime par 40 gr.)

De cette émulsion d'amidon assez épaisse, on prélève à l'aide d'une pipette six échantillons de 5 cm³, que l'on introduit isolément dans autant de tubes à essais numérotés ; avant chaque aspiration, il faut avoir soin de bien agiter l'émulsion avec la pipette.

De la solution d'extrait de malt préparée pour la détermination du pouvoir saccharifiant, on ajoute successivement dans chacun des tubes des quantités croissantes, soit dans le n° 1, 1 cm³, dans le n° 2, 1,5 cm³, dans le n° 3, 2 cm³, et ainsi de suite.

D'un autre côté, on chauffe au bain-marie à 80° six tubes à essais plus grands, portant les mêmes numéros que les premiers et contenant chacun 14 cm³ d'eau distillée. Ces tubes sont ensuite chauffés l'un après l'autre rapidement à l'ébullition, en commençant par le n° 1, et dans le liquide bouillant on verse le contenu du tube portant le numéro correspondant et renfermant l'amidon froid et la solution d'extrait de malt, on rince le tube où se trouvait l'amidon avec 1 cm³ d'eau, que l'on ajoute dans le grand tube, et l'on agite bien avec une baguette de verre ; on retourne ensuite le tube dans le bain-marie chauffé à 80°, où on l'abandonne pendant dix minutes à cette température.

Exactement de la même manière, on fait ensuite bouillir l'un après l'autre tous les autres grands tubes, on y ajoute l'amidon et la solution d'extrait de malt des tubes correspondants, qu'on lave avec 1 cm³ d'eau, on verse celle-ci dans les grands tubes, puis on agite ces derniers et on les retourne dans le bain-marie chauffé à 80°.

Tous les tubes restent dans le bain-marie à cette température pendant dix minutes ; on les en retire l'un après l'autre, on remue encore une fois leur contenu et on les introduit dans un deuxième bain-marie chauffé à l'ébullition, où ils restent cinq à dix minutes, après quoi on les plonge dans de l'eau froide, afin de les refroidir à 18°,75. Lorsque cette température est atteinte, on renverse les tubes l'un après l'autre dans un gobelet, afin de se rendre compte du degré de fluidité de leur contenu.

Admettons, par exemple, que le n° 1 est encore tout à fait solide, c'est-à-dire que l'empois qu'il renferme ne coule pas, et que le n° 2 est demi-fluide, que l'empois qui s'y trouve est un peu mobile, mais qu'il renferme des grumeaux épais et qu'il reste en majeure partie dans ce tube.

Le n° 3 coule facilement et complètement et le liquide écoulé ne contient pas de grumeaux.

Dans ce tube n° 3, on avait employé pour la fluidification de l'amidon 2 cm^3 de solution d'extrait de malt; le pouvoir fluidifiant du malt ou son chiffre de fluidification est alors égal à 2 cm^3.

Les malts verts et les malts touraillés normalement développés donnent généralement 2 à 2,5 cm^3 ; de vieux malts verts très longs, qui ont séché à l'air pendant trois à six jours, et des malts touraillés traités avec précaution donnent quelquefois 1 à 1,5 cm^3, ce qui indique par conséquent un excellent pouvoir fluidifiant. Les malts verts de seigle, d'après les essais que j'ai faits jusqu'à présent, donnent en général de meilleurs chiffres de fluidification que les malts d'orge verts.

On apprécie l'énergie fermentative d'un malt d'après son pouvoir fluidifiant et saccharifiant. Les malts verts qui fluidifient et saccharifient bien, procureront aussi une excellente fermentation des moûts et inversement. Les malts avec un pouvoir fluidifiant douteux ne conduiront à une fermentation satisfaisante des moûts que s'ils sont doués d'un grand pouvoir saccharifiant.

Le pouvoir saccharifiant offre une importance particulière pour les malts touraillés. Ainsi, tandis que par le touraillage le pouvoir fluidifiant est beaucoup moins affaibli que le pouvoir saccharifiant, un malt touraillé avec un chiffre de fluidification de 1,5 cm^3 ne peut être considéré comme bon que s'il a en même temps un chiffre de saccharification de 4 à 5 cm^3.

Tandis que lors de l'essai de malt vert, on peut ordinairement se borner à une détermination du pouvoir saccharifiant, en admettant qu'un malt saccharifiant bien, produira, surtout s'il possède un germe foliacé égal à une fois et demie à deux fois la longueur du grain, une saccharification également bonne, cela est inadmissible avec des malts touraillés pour les raisons mentionnées précédemment. Pour ces derniers malts, on ne peut se former une

opinion satisfaisante que par la détermination des pouvoirs liquéfiant et saccharifiant.

II. — Analyse des moûts sucrés.

Analyse qualitative.

Cette analyse ne comprend que les essais à l'aide de la solution d'iode, la recherche de l'amidon non désagrégé et l'examen de l'état de division de la matière.

a. *Essai à l'aide de la solution d'iode.* — Un bon échantillon moyen est filtré sur du papier ou dans des pochettes en toile de coton. Le liquide filtré parfaitement clair et bien refroidi sert pour se rendre compte qualitativement des progrès de la saccharification à l'aide de la solution d'iode.

Le résidu est employé à la recherche de l'amidon non désagrégé et à l'examen de l'état de division de la matière.

L'essai par l'iode repose sur la propriété que possèdent les différents produits de saccharification formés par la diastase de se combiner avec l'iode et de donner alors lieu à des phénomènes de coloration caractéristiques.

Voici les produits qui prennent successivement naissance par l'action de la diastase avec l'amidon, ainsi que les réactions, colorées auxquelles ils donnent lieu avec l'iode :

Amidon	bleu.
Amidon soluble	
Amylodextrine	violet.
Erythrodextrine	rouge.
Achroodextrine	incolore.
Maltodextrine	
Maltose	

Comme tous ces corps ont pour l'iode une affinité différente et que celle-ci est d'autant plus grande qu'ils se rapprochent plus de la maltose, on peut facilement reconnaître chacun d'eux, même lorsqu'ils sont tous l'un à côté de l'autre, en ajoutant avec précaution la solution d'iode. L'essai par l'iode doit être effectué de la manière suivante : On prépare la solution d'iode nécessaire

pour cela en dissolvant 1 partie d'iode et 2 parties d'iodure de potassium dans une quantité d'eau suffisante pour obtenir une coloration brun-rouge transparente [1]. Dans un tube à essais, on fait tomber quelques gouttes du liquide filtré parfaitement clair et froid et on les étend avec six fois environ leur volume d'eau. On ajoute goutte à goutte et en agitant une solution d'iode de couleur jaune foncé, que l'on obtient en étendant la solution primitive avec de l'eau distillée. La saccharification étant normale, les premières gouttes sont décolorées, tandis qu'une nouvelle addition ne produit qu'une coloration jaune. Un moût bien saccharifié contient encore, outre la maltose et de la maltodextrine, tout au plus de l'achroodextrine, et ces trois corps, comme on l'a signalé plus haut, ne donnent pas de réaction colorée.

Si la saccharification est défectueuse, une nouvelle addition de solution d'iode produit une coloration rouge, indiquant l'érythrodextrine, et si la saccharification est très mauvaise, une coloration violette est due à l'amylodextrine ou amidon soluble.

Nous devons rappeler ici que cette réaction de l'iode ne doit être produite que dans un moût filtré parfaitement clair, qu'en outre le moût refroidi doit, en vue de la réaction, être versé dans des vases extrêmement propres. De plus, il est à remarquer que l'on ne procède sûrement, lors de l'essai d'un moût par l'iode, que si l'on ajoute ce dernier peu à peu jusqu'à ce que la couleur de la solution d'iode apparaisse dans le liquide essayé. C'est seulement alors que l'on est certain qu'il n'y a pas de dextrines ou d'amidon soluble donnant avec l'iode une coloration. Ainsi, il arrive fréquemment qu'un petit nombre de gouttes d'une solution d'iode, même en présence de dextrines colorant fortement, ne donnent pas de coloration.

Si, au lieu de prendre pour l'essai par l'iode du moût filtré, on opère directement sur le moût saccharifié, on remarque toujours qu'un nombre plus ou moins grand de grains d'amidon se colorent en bleu. Au microscope, on reconnaît que ceux-ci consistent surtout en grains d'amidon du malt. Comme l'amidon du malt n'est pas cuit, mais seulement exposé à la température d'empâtage,

[1] La teinture d'iode des pharmaciens ne convient pas.

insuffisante pour une transformation complète en empois, il ne peut pas pendant la saccharification être entièrement transformé par la diastase. Pendant la fermentation, la réaction de l'iode provenant de l'amidon du malt disparaît peu à peu, mais jamais complètement. Dans le moût fermenté, il y a toujours une petite quantité d'amidon du malt non désagrégée, que l'iode permet de reconnaître. Immédiatement après leur évacuation du cuiseur, la plupart des moûts donnent encore une coloration bleue avec la solution d'iode.

b. *Essai relatif à l'amidon non désagrégé et à l'état de division de la matière.* — On se sert pour cet essai de la masse restée sur le filtre ou dans la pochette, lors de la filtration du moût. Cette masse est placée dans un vase, puis délayée avec de l'eau et abandonnée ensuite à elle-même pendant quelque temps, jusqu'à ce que les éléments solides et lourds se soient déposés au fond de l'eau. Celle-ci, avec les particules légères qu'elle tient en suspension, est décantée avec précaution. Si l'on recommence ainsi plusieurs fois, on obtient finalement un résidu composé des pellicules les plus grossières, de grains de maïs non désagrégés, de morceaux de pommes de terre non broyés, ainsi que de grains de malt. En examinant la matière non désagrégée, on peut se faire une idée approximative de la qualité du moût. L'amidon non désagrégé qui s'est déposé avec les éléments les plus grossiers peut être reconnu à l'aide de la solution d'iode.

L'essai pour amidon non désagrégé peut aussi être effectué de la manière suivante : Avec le moût on remplit à moitié une pochette filtrante et en la tordant vigoureusement on en fait sortir la partie liquide. Le résidu solide est mis avec de l'eau dans une éprouvette, où se dépose par le repos l'amidon non désagrégé. Le dépôt, après séparation du liquide clair par décantation, est de nouveau délayé avec de l'eau et, celle-ci ayant été décantée, le nouveau dépôt est essayé avec la solution d'iode.

Analyse quantitative du moût sucré.

a. *Dosage de l'amidon non désagrégé.* — Dans un flacon de 8 à 10 litres presque plein d'eau, on verse 1 000 gr. de moût et l'on

agite vigoureusement. On laisse reposer pendant un jour et à l'aide d'un siphon on décante le liquide clair surnageant le dépôt. On répète cette opération dix fois; la maltose et la dextrine sont ainsi presque complètement éliminées du résidu. Celui-ci est porté sur un filtre, où il est lavé avec de l'eau et ensuite avec de l'alcool et de l'éther. Le résidu encore imprégné d'éther est détaché du filtre avec le plus grand soin, puis il est desséché et pesé. 3 gr. du résidu sont employés au dosage de l'amidon par désagrégation sous pression.

b. *Essai saccharométrique des moûts sucrés.* — Dans la pratique de la fabrication de l'alcool, la détermination de la teneur en sucre a lieu en général par voie *aréométrique*, tandis que les dosages exacts sont effectués à l'aide de l'analyse chimique.

La détermination des quantités de sucre contenues dans une solution à l'aide de l'aréomètre (dans ce cas à l'aide du *saccharomètre*) est basée sur ce fait qu'une solution est d'autant plus *dense* ou spécifiquement plus lourde qu'elle contient plus de sucre en proportion de l'eau.

Avec des solutions de sucre *pures*, on peut donc de la densité déduire la quantité du sucre dissous. Mais avec des dissolutions qui, outre le sucre, renferment d'autres substances, la densité concorde en général d'autant moins avec celle de la solution pure que la quantité des matières étrangères est plus grande et qu'elles influent à un plus haut degré sur l'élévation (ou la diminution) de la densité. Si donc on déduit de cette dernière la teneur en sucre, le résultat obtenu n'est exact qu'avec des solutions pures, et avec des solutions impures on se rapproche d'autant plus de la réalité qu'il y a moins de substances étrangères avec le sucre dans la dissolution.

Pour reconnaître la densité des solutions de sucre, on se sert en général de l'*aréomètre*, auquel, s'il est pourvu d'une échelle graduée spécialement pour le but qui nous occupe, on donne aussi le nom de *saccharomètre.*

C'est, comme on le sait, un instrument généralement en verre, qui est construit de façon qu'il flotte verticalement dans les liquides dont il s'agit de déterminer la densité. D'après les lois de la

physique, lorsque l'aréomètre est en équilibre dans le liquide où il flotte, son poids est égal au poids du volume du liquide qu'il déplace. Plus le poids spécifique du liquide (ou sa teneur en sucre) est grand, moins par conséquent doit être grand le volume d'un poids égal à celui de l'aréomètre, ou, ce qui est la même chose, l'aréomètre s'enfonce d'autant moins profondément dans le liquide que celui-ci est plus dense, que par conséquent la solution est plus riche en sucre. Le point jusqu'où s'enfonce l'instrument varie par conséquent avec la densité ou la teneur en sucre de la dissolution ; il se trouve d'autant plus bas sur l'instrument (celui-ci s'enfonce d'autant moins) que la solution est plus dense, c'est-à-dire plus riche en sucre. Cette teneur ou la densité de la solution peut être désignée de différentes manières et, suivant cette désignation, il y a différents aréomètres, dont les indications peuvent être rapprochées les unes aux autres au moyen de tables.

Pour l'aréomètre destiné à la détermination de la teneur en alcool, les conditions sont différentes de celles du saccharomètre. Dans les liquides alcooliques, l'aréomètre s'enfonce d'autant plus profondément que la solution est plus riche en l'élément à mesurer (alcool), parce que ce dernier a une densité plus faible que l'eau, et par suite le point jusqu'où s'enfonce l'alcoomètre est d'autant *plus haut* sur l'instrument (celui-ci descend d'autant plus bas) que le liquide est plus riche en alcool, c'est-à-dire moins dense.

A mesure que la température s'élève, tous les liquides se dilatent; ils deviennent ainsi spécifiquement plus légers ; au contraire, quand la température s'abaisse, il se produit une contraction, les liquides deviennent spécifiquement plus lourds. Afin de ne pas lire sur le saccharomètre à une haute température des valeurs trop faibles, à une basse température des valeurs trop fortes, on effectue tous les essais saccharométriques à la *température normale de* 17°,50.

Les dissolutions qui avec le sucre contiennent aussi de l'alcool ne donneront jamais, lors de l'essai saccharométrique, des résultats exacts, parce qu'un élément élève la densité, tandis que l'autre l'abaisse. Ainsi, par exemple, il arrive qu'avec des moûts très bien fermentés, riches en alcool, le saccharomètre marque 0° ou

moins de 0°, tandis qu'il y a peut-être encore 1 p. 100 de sucre non fermenté.

Le saccharomètre le plus convenable pour la distillerie, comme pour la fabrication du sucre, est celui de BALLING, ou celui de BRIX, qui ne diffère que peu de ce dernier et peut par suite être considéré comme identique pour la pratique. Il est gradué de façon qu'au point où il s'enfonce dans les différentes solutions sucrées, il porte des nombres indiquant, non pas le poids spécifique, mais la *teneur en sucre dans* 100 *parties en poids du liquide*. C'est pour cela qu'on le nomme *saccharomètre* ou *pèse-sucre*.

Par conséquent, si cet aréomètre flottant, par exemple, dans une solution sucrée d'un poids spécifique de 1,0404, y plonge jusqu'à un certain point, il porte en ce point, non pas le nombre 1,0404, mais le nombre 10, parce que le poids spécifique est celui d'un liquide qui contient 10 parties de sucre pour 90 d'eau ou pour 100 de liquide, c'est-à-dire 10 p. 100 de sucre. Le point zéro correspond à l'eau pure; l'instrument est gradué pour la température normale de 17°,50, à laquelle doivent être effectuées toutes les déterminations.

Plus le diamètre de la tige de l'aréomètre qui ne plonge que partiellement dans le liquide et porte l'échelle est petit par rapport au corps de l'instrument qui est toujours immergé, plus est grande la longueur des mêmes fractions du volume de l'aréomètre qui représentent les teneurs p. 100, et plus par conséquent il est facile de lire exactement sur l'échelle les degrés et leurs subdivisions. Les aréomètres sont donc d'autant plus sensibles que le corps flottant est plus gros et que la tige portant l'échelle est plus fine.

Mais il est évident que la longueur de l'instrument est ainsi notablement augmentée, et alors ce dernier ne peut plus servir dans la pratique, d'où la nécessité de distribuer l'échelle sur plusieurs aréomètres, dont l'un ou l'autre est employé suivant la concentration de dissolution. En distillerie, on n'a besoin dans la plupart des cas que d'instruments avec échelle peu étendue, c'est-à-dire n'indiquant qu'un certain nombre de teneurs p. 100, et sur laquelle ne sont inscrits que les degrés ou unités p. 100, et le demi-degré ou demi-unité p. 100; mais ces derniers doivent avoir une longueur assez grande pour que l'on puisse apprécier encore le quart de degré assez exactement.

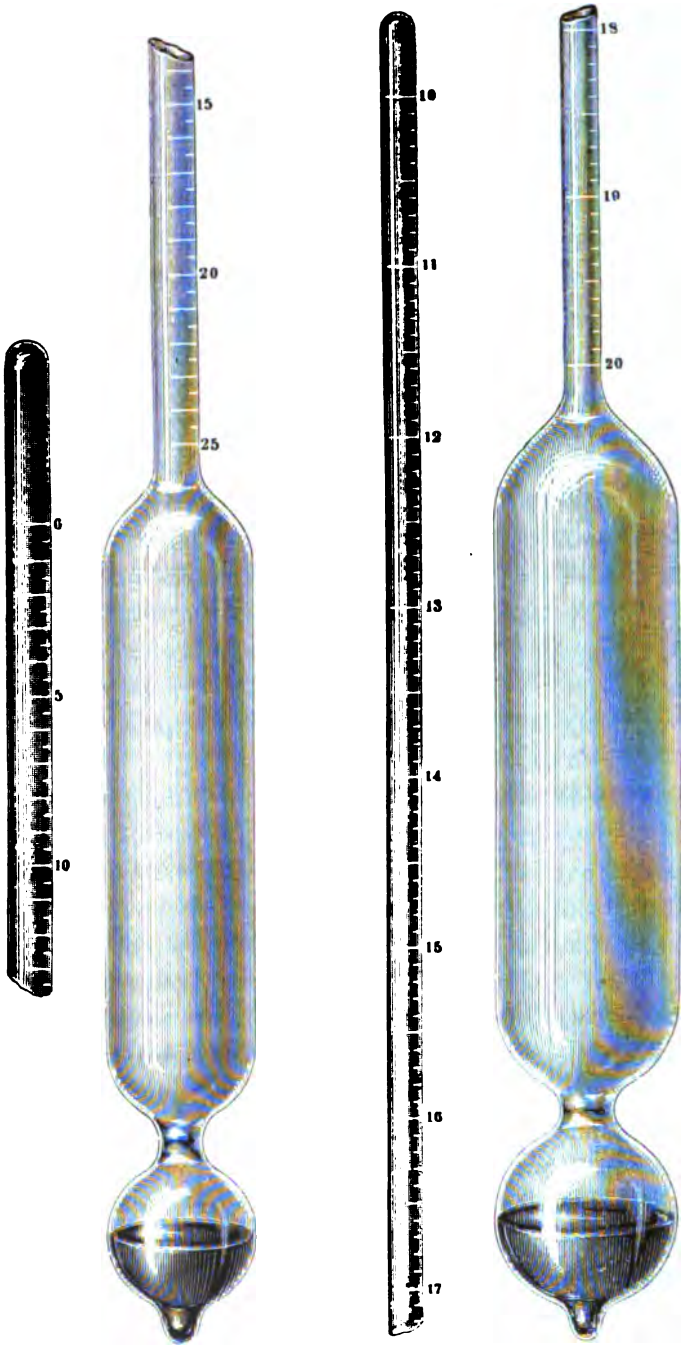


Fig. 150. Fig. 151.

Saccharomètres de Balling.

La figure 150 représente en grandeur naturelle un pareil saccharomètre, dont l'échelle va de 0 à 25 p. 100 et est tout à fait suffisant pour les besoins ordinaires de la distillerie.

Si l'on veut faire des observations plus exactes, on doit se servir d'aréomètres dont l'échelle de 0 à 30 p. 100 est divisée en trois parties, et sur laquelle on puisse lire nettement les dixièmes d'unités p. 100 ; il faut alors avoir trois aréomètres, avec échelle de 0 à 10 p. 100 pour le premier, de 10 à 20 p. 100 pour le second et 20 à 30 p. 100 pour le troisième ; la figure 151 représente en grandeur naturelle un instrument avec échelle de 10 à 20 p. 100.

On ne doit jamais se servir d'un aréomètre sans s'être préalablement assuré de son exactitude. Si sur ce point on ne peut pas avoir une confiance dans le fabricant chez qui on s'est procuré l'instrument, il est très facile de se rendre compte de l'exactitude de l'aréomètre ; il suffit pour cela de plonger ce dernier dans l'eau pure à la température normale, puis d'observer s'il marque zéro ; on vérifie de la même manière un autre point quelconque de l'échelle à l'aide d'une solution de sucre pur, que l'on a préparée en pesant exactement la quantité de sucre nécessaire, dont par conséquent la teneur est connue.

On obtient, par exemple, une solution de sucre à 10 p. 100 en dissolvant 10 gr. de sucre dans 90 gr. ou centimètres cubes d'eau.

Pour convertir les degrés saccharométriques Balling, mesurés à la température normale de 17°,50, en les poids spécifiques, on se sert de la table suivante (p. 504) fréquemment employée dans l'industrie.

Maintenant que nous avons parlé du principe sur lequel reposent la construction et l'emploi du saccharomètre, et des différentes précautions que nécessite l'usage de cet instrument, nous allons indiquer comment il faut s'y prendre pour effectuer une détermination saccharométrique.

Il est nécessaire pour l'essai à l'aide du saccharomètre de filtrer tout d'abord le moût à examiner. On peut se servir pour cela de l'appareil à filtration indiqué par Delbrück ; cet appareil, qui est représenté par la figure 152, est très fréquemment employé aussi bien pour la filtration de moûts sucrés et mûrs que pour celle du

moût-levain et de la levure mûre. Il se compose, comme on le voit, de quatre cylindres en cuivre, avec couvercle et robinet de vidange ; à l'intérieur de chaque cylindre on trouve une poche filtrante en tricot (indiquée par des traits pointillés dans le dessin), qui après chaque expérience doit être lavée et séchée avec soin.

Conversion des degrés saccharométriques en poids spécifiques.

DEGRÉS saccharo-métriques.	POIDS spécifiques correspondants à 17°,50.	DEGRÉS saccharo-métriques.	POIDS spécifiques correspondants à 17°,50.	DEGRÉS saccharo-métriques.	POIDS spécifiques correspondants à 17°,50.	DEGRÉS saccharo-métriques	POIDS spécifiques correspondants à 17°,50.
0.0	1.000	6,6	1,026	13,2	1,054	19.8	1.082
0,2	1.001	6,8	1,027	13.4	1,055	20	1,083
0,4	1.002	7	1,028	13,6	1,056	20.2	1,084
0,6	1,002	7.2	1,029	13,8	1,056	20,4	1,085
0.8	1.003	7,4	1,030	14	1,057	20,6	1,086
1	1.004	7,6	1,031	14,2	1,058	20,8	1.087
1,2	1.005	7,8	1,031	14,4	1,059	21	1.088
1,4	1,006	8	1,032	14,6	1.060	21,2	1.089
1,6	1,006	8,2	1,033	14.8	1,061	21,4	1,090
1,8	1.007	8,4	1.034	15	1,061	21,6	1,090
2	1.008	8,6	1,035	15,2	1,062	21.8	1,091
2,2	1,009	8,8	1,036	15,4	1,063	22	1,092
2.4	1.010	9	1,036	15.6	1,064	22.2	1.093
2.6	1.010	9,2	1,037	15,8	1,065	22,4	1.094
2,8	1,011	9,4	1,038	16	1,066	22,6	1.095
3	1.012	9,6	1.039	16,2	1,067	22.8	1.096
3,2	1.013	9,8	1,040	16,4	1,067	23	1,097
3,4	1.014	10	1,040	16,6	1,068	23,2	1,098
3,6	1.014	10,2	1.041	16,8	1,069	23.4	1.099
3,8	1.015	10,4	1,042	17	1,070	23,6	1,100
4	1,016	10,6	1,043	17,2	1,071	23.8	1.100
4,2	1.017	10,8	1,044	17.4	1,072	24	1,101
4,4	1,018	11	1,045	17,6	1,073	24,2	1.102
4,6	1.018	11,2	1,046	17,8	1,074	24.4	1.103
4,8	1.019	11,4	1.046	18	1,074	24.6	1,104
5	1.020	11,6	1,047	18,2	1,075	24,8	1,105
5.2	1.021	11,8	1,048	18.4	1,076	25	1,106
5,4	1.022	12	1.049	18.6	1.077	25.2	1,107
5,6	1,022	12,2	1,050	18.8	1,078	25.4	1,108
5,8	1.023	12.4	1,051	19	1,079	25.6	1.109
6	1,024	12,6	1,051	19,2	1,080	25.8	1.110
6,2	1.025	12,8	1,052	19,4	1,081	26	1.111
6,4	1.026	13	1,053	19,6	1,081		

Afin d'empêcher qu'il ne s'évapore de l'eau, ce qui modifierait la concentration du moût, celui-ci ne doit jamais être filtré chaud;

il faut d'abord le refroidir, puis le verser dans les filtres et fermer immédiatement les cylindres avec leurs couvercles.

Les premières portions du filtratum, qui traversent la poche et sont recueillies dans une éprouvette, sont plus ou moins troublées par la présence de substances insolubles ayant passé à travers le filtre, lesquelles sont surtout composées d'amidon non désagrégé et autres particules en suspension. Après avoir retourné plusieurs fois le liquide trouble sur le filtre, on finit par obtenir un filtra-

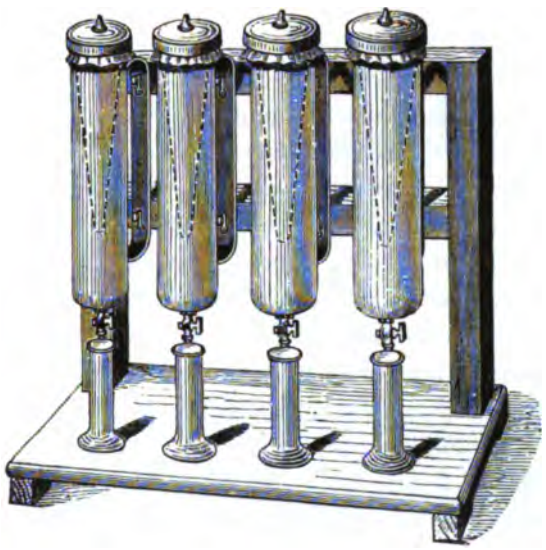


Fig. 152. — Appareil de Delbrück pour la filtration des moûts.

tum clair, qui seul doit être employé pour l'essai saccharométrique.

Le moût filtré parfaitement clair est amené à la température de 17°,50, et à cet effet le vase qui le contient est placé dans de l'eau froide ou chaude, suivant que sa température est supérieure ou inférieure à 17°,50.

On verse le liquide dans une éprouvette suffisamment large pour que le saccharomètre ait un jeu suffisant, et on y introduit celui-ci avec précaution, en faisant bien attention à ne pas l'enfoncer trop profondément, afin de ne pas le mouiller au-dessus du point jusqu'où il doit plonger.

Lorsque le saccharomètre est devenu immobile, on tourne le

cylindre avec précaution en lui imprimant de légères secousses, puis on observe pendant quelques instants s'il se produit quelque changement et ensuite on fait la lecture sur la tige graduée.

Le point qui doit être lu est celui qui correspond à la ligne d'intersection du plan formé par la surface du liquide et de la tige de l'aréomètre et avec celui auquel le liquide arrive par capillarité.

Avec les saccharomètres Balling, le nombre lui indique en poids p. 100 de sucre la quantité des substances dissoutes dans le moût.

c. *Détermination de l'acidité du moût sucré.* — Dans un grand nombre de cas, il est important pour le praticien de déterminer la teneur en acide du moût sucré sans la levure, soit qu'il ait un motif pour supposer une teneur en acide anormalement élevée dans la matière mise en œuvre, soit que le refroidissement, ayant duré longtemps et ayant eu lieu dans des conditions défavorables, ait provoqué la formation d'acides. Cependant, dans la plupart des cas, la déterminatien de l'acidité *dans le moût sucré avec la levure*, comparée avec la teneur en acide du moût fermenté, fournit les plus précieuses indications sur l'acidification qui s'est produite pendant la fermentation, c'est-à-dire sur l'accroissement de l'acidité. Plus est faible la teneur en acide du moût sucré et moins a été grand l'accroissement de l'acidité pendant la fermentation, plus celle-ci a été pure et plus élevé sera le rendement en alcool.

On se sert pour la détermination de l'acidité du petit appareil représenté par la figure 153.

La pipette *a* est remplie jusqu'au trait de jauge avec du moût filtré ; dans ce but, on aspire le moût jusqu'un peu au-dessus du trait, puis on ferme rapidement avec le doigt indicateur et, soulevant légèrement ce dernier, on laisse écouler juste assez de moût pour que celui-ci corresponde exactement au trait de jauge. On fait ensuite couler la quantité ainsi mesurée dans la petite capsule en porcelaine *k*, sans laver la pipette ; on a alors dans la capsule exactement 20 cm^3 de moût.

Pour le titrage, on emploie une solution normade de soude, que l'on mesure à l'aide de la burette *b*.

Il faut d'abord remplir la burette ; dans ce but, on presse dou-

cement sur le robinet à pince *c* et la solution de soude s'écoule alors du flacon *e* dans la burette ; on arrête l'écoulement dès que la solution a atteint le point zéro dans la burette. Pour que l'écoulement puisse avoir lieu, il faut avoir soin de soulever un peu le bouchon *f*. En desserrant la vis *g*, on peut abaisser la burette sur la tige *h*, de façon à rendre possible l'emploi de la solution de soude jusqu'à la dernière goutte, sans remuer le flacon. De cette

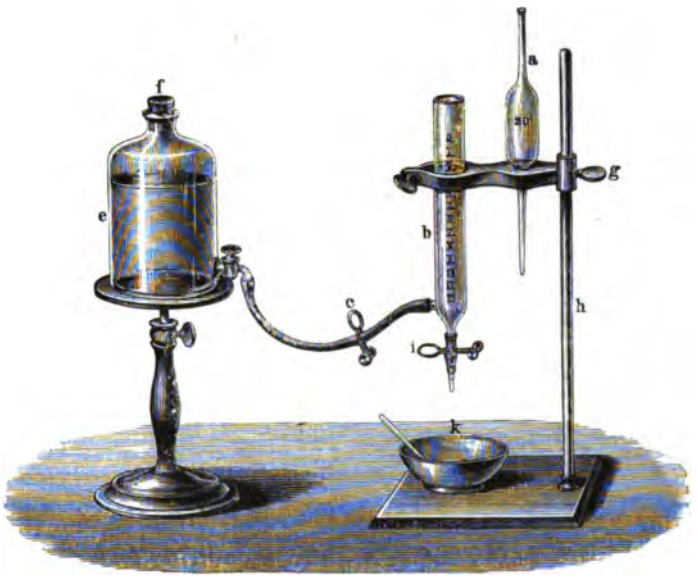


Fig. 153. — Appareil pour la détermination de l'acidité des moûts.

façon, on ne perd rien de la solution normale et on ne lui fait subir aucun dommage.

La burette étant ainsi remplie, on peut maintenant, en pressant sur le robinet à pince *i*, en faire écouler goutte à goutte la liqueur normale dans la capsule en porcelaine *k*. Pendant ce temps, on agite avec soin à l'aide d'une petite baguette de verre et à chaque fois qu'il est tombé trois ou quatre gouttes on fait avec la baguette de verre un point sur un petit morceau de papier de tournesol placé à côté. Le papier de tournesol est neutre et il est coloré en rouge par les premiers points, et, dès que l'acide est neutralisé, la baguette le colore en bleu. Lorsqu'il en est ainsi, on lit sur la burette combien il a été employé de liquide normal.

On désigne sous le nom de degré d'acidité les centimètres cubes de soude normale employés pour 20 cm³ de moût.

Dans les conditions normales moyennes, un moût sucré de pommes de terres sans levure offre une acidité de 0°,4 à 0°,5. On a une acidité moindre lorsqu'on emploie de l'orge ou du malt, qui ont tous les deux été lavés ; dans ce cas, il n'est pas rare de ne constater qu'une acidité de 0°,3 à 0°,4. Les moûts de maïs n'offrent fréquemment que 0°,2 à 0°,3 d'acidité. Une teneur en acide dépassant 0°,6 dans les moûts sucrés sans levure est toujours dangereuse et exige que l'on recherche la cause de la production de l'acidité et qu'on l'élimine, si c'est possible. L'examen doit avant tout porter sur le malt, dont assez souvent la quantité laisse à désirer et qui, dans un grand nombre de cas, provoque un abondant développement du champignon de l'acide lactique, lequel, lors de la préparation du moût-levain, est cultivé avec soin, mais dont la présence dans les moûts est tout à fait inopportune.

Lorsqu'on emploie des pommes de terres mauvaises ou pourries, du maïs avarié et des matières analogues, la teneur en acide du moût sucré peut s'élever jusqu'à 0°,8 et au delà.

d. *La détermination de la force diastasique des moûts sucrés* offre la plus grande importance pour le contrôle de la fabrication. Comme la méthode indiquée par Effront pour cette détermination, méthode dans laquelle on emploie son *amidon type notable*, est suffisamment simple pour pouvoir être appliquée par tout distillateur, je vais la décrire dans tous ses détails.

Il faut d'abord préparer et cela à chaque essai, une solution, d'amidon type à 2 p. 100 ; à cet effet, on met dans un gobelet de verre 5 gr. d'amidon avec 60 à 70 cm³ d'eau distillée chaude, on chauffe à l'ébullition et ensuite on verse le tout dans un ballon jaugé de 100 cm³. Après refroidissement, on remplit le ballon jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

On prend ensuite six tubes à essais numérotés et l'on verse dans chacun d'eux 10 cm³ de cette solution d'amidon à 2 p. 100, puis en suivant les numéros des tubes, on ajoute successivement du moût filtré à essayer : 0,25 cm³ dans le premier, 0,50 cm³ dans

le second, 0,75 cm^3 dans le troisième, puis dans les suivantes 1 cm^3, 1, 25 cm^3 et 1,50 cm^3. Tous les tubes sont ensuite bien agités et placés pendant une heure dans un bain-marie chauffé à 60° et maintenus autant que possible à cette température. Au bout de ce temps, les tubes sont rapidement refroidis par immersion dans de l'eau et chacun d'eux est additionné de 0,05 cm^3 d'une solution étendue d'iode dans l'iodure de potassium. S'il se produit encore une coloration bleue, c'est qu'il y a encore de l'amidon inaltéré ; dans le cas contraire, l'amidon a été transformé par l'action de la diastase en maltose ou dextrines non colorantes et l'iode ne donne plus de réaction.

Avec des moûts sucrés, une addition de 0,05 cm^3 de solution d'iode ne doit plus produire de coloration bleue dans le liquide filtré. S'il n'en est pas ainsi, la diastase présente n'est pas suffisamment active, d'où l'on doit conclure que l'on n'a pas employé assez de malt ou que pendant l'empâtage la diastase a été trop chauffée. Si l'on avait ajouté la quantité de malt ordinairement usitée et généralement suffisante, l'imperfection peut encore provenir de la qualité du pouvoir saccharifiant du malt. Dans ce dernier cas, on mettra plus de malt dans la cuve-matière et en outre on soumettra le malt à un traitement plus soigné sur l'aire du germoir.

e. *Dosage de la maltose et des dextrines dans le moût sucré.* — L'indication du saccharomètre ne représentant pas exactement, comme on le sait, la teneur en hydrates de carbone fermentescibles d'un moût sucré, cet instrument indiquant en réalité toutes les substances, quelles qu'elles soient, qui se trouvent en dissolution dans le liquide sucré, il est indispensable d'effectuer le dosage de la maltose et des dextrines, si l'on veut connaître exactement la teneur du moût sucré en substances fermentescibles. Ce dosage donne en outre une idée de la manière dont se sont passées les opérations de l'empâtage et de la saccharification ; car, plus il y a de maltose et moins il y a de dextrines dans un moût sucré, plus rationnellement et plus favorablement s'est effectuée la préparation du moût, et alors aussi plus facilement et plus complètement se fera dans des conditions normales la fermentation de ce moût.

On peut donc, en soumettant à l'analyse chimique un moût sucré

provenant d'une distillerie quelconque, savoir si les opérations de la cuisson, de l'empâtage et de la saccharification se sont passées normalement; et l'on a une idée encore plus complète de la qualité de ce moût, si l'on procède aussi au dosage de la diastase; ce dosage apprend, en effet, si dans le moût en question il se trouve assez d'énergie diastasique pour l'action complémentaire sur les dextrines et leur transformation en maltose.

Je dirai ultérieurement comment on doit juger l'opération de la préparation du moût en se basant sur les valeurs trouvées pour la maltose et les dextrines et les proportions relatives de ces deux corps. Je dois d'abord donner ici, pour les lecteurs connaissant la chimie, quelques indications sur le dosage de la maltose et des dextrines.

Sur une balance d'analyse, on pèse exactement dans une capsule de verre couverte 50 cm^3 du moût filtré parfaitement clair et ensuite, afin de stériliser ce dernier, on chauffe dans un bain-marie en ébullition pendant une demi-heure environ. Cela fait, on verse le moût stérilisé dans un ballon jaugé de 250 cm^3, on lave la capsule à l'eau chaude, on ajoute l'eau de lavage dans le ballon et, après refroidissement, on remplit celui-ci jusqu'au trait de jauge.

Du liquide ainsi obtenu on étend 5 cm^3 à 500 cm^3, en vue du *dosage de la maltose*.

On mélange ensuite dans un gobelet de verre 25 cm^3 d'une solution de sulfate de cuivre avec 25 cm^3 d'une solution alcaline de sel de Seignette (solutions préparées d'après la formule de Fehling), on chauffe à l'ébullition, puis à la liqueur de Fehling bouillante ainsi obtenue on ajoute 25 cm^3 du moût filtré étendu comme il est dit plus haut (50 : 500), mais en procédant de façon que le liquide ne cesse pas de bouillir; on fait bouillir exactement pendant quatre minutes et ensuite on filtre immédiatement le précipité de protoxyde de cuivre dans un creuset de Gooch à l'aide d'une pompe aspirante et on lave à l'eau bouillante.

Lorsque l'eau de lavage n'a plus de réaction alcaline, on aspire avec soin, on chauffe le creuset d'abord avec précaution sur une petite flamme, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeur d'eau et ensuite on calcine vivement dans une flamme riche en oxygène jusqu'à poids constant, c'est-à-dire pendant un quart d'heure environ.

Table de WEIN *pour le dosage de la maltose.*

CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.
30	25,3	81	69,7	132	115,2	183	160,9
31	26,1	82	70,6	133	116,1	184	161,8
32	27	83	71,5	134	117	185	162,7
33	27,9	84	72,4	135	117,9	186	163,6
34	28,7	85	73,2	136	118,8	187	164,5
35	29,6	86	74,1	137	119,7	188	165,4
36	30,5	87	75	138	120,6	189	166,3
37	31,3	88	75,9	139	121,5	190	167,2
38	32,2	89	76,8	140	122,4	191	168,1
39	33,1	90	77,7	141	123,3	192	169
40	33,9	91	78,6	142	124,2	193	169,8
41	34,8	92	79,5	143	125,1	194	170,7
42	35,7	93	80,3	144	126	195	171,6
43	36,5	94	81,2	145	126,9	196	172,5
44	37,4	95	82,1	146	127,8	197	173,4
45	38,3	96	83	147	128,7	198	174,3
46	39,1	97	83,9	148	129,6	199	175,2
47	40	98	84,8	149	130,5	200	176,1
48	40,9	99	85,7	150	131,4	201	177
49	41,8	100	86,6	151	132,3	202	177,9
50	42,6	101	87,5	152	133,2	203	178,7
51	43,5	102	88,4	153	134,1	204	179,6
52	44,4	103	89,2	154	135	205	180,5
53	45,2	104	90,1	155	135,9	206	181,4
54	46,1	105	91	156	136.8	207	182,3
55	47	106	91,9	157	137,7	208	183,2
56	47,8	107	92.8	158	138,6	209	184,1
57	48,7	108	93,7	159	139,5	210	185
58	49,6	109	94,6	160	140,4	211	185.9
59	50,4	110	95,5	161	141,3	212	186,8
60	51,3	111	96,4	162	142,2	213	187,7
61	52,2	112	97,3	163	143,1	214	188,6
62	53,1	113	98,1	164	144	215	189,5
63	53,9	114	99	165	144,9	216	190,4
64	54,8	115	99,9	166	145,8	217	191,2
65	55,7	116	100,8	167	146,7	218	192,1
66	56,6	117	101,7	168	147,6	219	193
67	57,4	118	102,6	169	148,5	220	193,9
68	58,3	119	103,5	170	149,4	221	194,8
69	59,2	120	104,4	171	150,3	222	195,7
70	60,1	121	105,3	172	151,2	223	196.6
71	61,1	122	106,2	173	152	224	197,5
72	61,8	123	107,1	174	152,9	225	198,4
73	62,7	124	108	175	153,8	226	199,3
74	63,6	125	108,9	176	154,7	227	200,2
75	64,5	126	109,8	177	155,6	228	201,1
76	65,4	127	110,7	178	156,5	229	202
77	66,2	128	111,6	179	157,4	230	202,9
78	67,1	129	112.5	180	158,3	231	203,8
79	68	130	113,4	181	159,2	232	204,7
80	68,9	131	114,3	182	160,1	233	205,6

CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.	CUIVRE milligr.	MALTOSE milligr.
234	206,5	251	221,7	268	237	285	252,2
235	207,4	252	222,6	269	237,9	286	253,1
236	208,3	253	223,5	270	238,8	287	254
237	209,1	254	224,4	271	239,7	288	254,9
238	210	255	225,3	272	240,6	289	255,8
239	210,9	256	226,2	273	241,5	290	256,6
240	211,8	257	227,1	274	242,4	291	257,5
241	212,7	258	228	275	243,3	292	258,4
242	213,6	259	228,9	276	244,2	293	259,3
243	214,5	260	229,8	277	245,1	294	260,2
244	215,4	261	230,7	278	246	295	261,1
245	216,3	262	231,6	279	246,9	296	262
246	217,2	263	232,5	280	247,8	297	262,8
247	218,1	264	233,4	281	248,7	298	263,7
248	219	265	234,3	282	249,6	299	264,6
249	219,9	266	235,2	283	250,4	300	265,5
250	220,8	267	236,1	284	251,3		

On laisse refroidir dans l'exsiccateur et l'on pèse.

Le bioxyde de cuivre trouvé est converti en cuivre par multiplication à l'aide du facteur 0,798, et on trouve directement dans la table de Wein (p. 511) la quantité de maltose correspondant au cuivre, quantité qui se trouvait contenue dans les 25 cm³ de la dilution employée au dosage.

Si l'on multiplie cette quantité par 100, on obtient les quantités de maltose qui sont contenues dans les 50 cm³ de moût pesés au début, et il est alors facile de calculer la proportion p. 100.

Pour le *dosage des dextrines*, on prend, comme pour celui de la maltose, 50 cm³ du moût filtré exactement pesé et étendu à 250 cm³, puis on les chauffe pendant trois heures avec 150 cm³ d'eau et 15 cm³ d'acide chlorhydrique à 1,125 de densité, en plaçant le ballon dans un bain-marie bouillant et employant un tube de verre pour refroidir les vapeurs qui se dégagent.

On refroidit et ensuite on neutralise à peu près avec une lessive de soude; en aucun cas, le liquide ne doit être alcalin; il doit avoir encore une réaction légèrement acide. (Le mieux est de préparer une solution de soude correspondant aux 15 cm³ d'acide chlorhydrique, de façon qu'il suffise d'en ajouter une quantité connue pour arriver au degré de neutralisation désiré.)

Le volume de ce liquide neutralisé, mais encore légèrement acide, est porté, dans un ballon, à 500 cm³ et le contenu de ce dernier est bien agité.

Avec 25 cm³ de cette solution, on précipite ensuite le protoxyde de cuivre dans 60 cm³ de liqueur de FEHLING étendus d'eau (30 cm³ de solution de sulfate de cuivre, 30 cm³ de solution alcaline de sel de Seignette et de 60 cm³ d'eau), en faisant bouillir pendant deux minutes et, exactement comme pour le dosage de la maltose, on filtre, lave, etc.

Le bioxyde de cuivre obtenue est converti en cuivre métallique par multiplication à l'aide du facteur 0,798 et, dans la table de WEIN, on cherche la quantité de dextrose qui y correspond.

Le nombre ainsi obtenu, multiplié par 100, donne la quantité totale de dextrose formée par inversion au moyen de l'acide chlorhydrique aux dépens de la maltose et des dextrines contenues dans les 50 cm³ de moût pesés primitivement.

Maintenant, pour trouver les dextrines avec la quantité totale de la dextrose, il est nécessaire de calculer la valeur en dextrose du chiffre du malt trouvé précédemment en multipliant ce chiffre par 1,053.

Cette valeur en dextrose de la maltose est retranchée de la dextrose totale, et le reste ainsi obtenu est la quantité de dextrose correspondant aux dextrines, que l'on convertit en dextrines en le multipliant par 0,9.

On a, par exemple, obtenu les résultats suivants avec des moûts sucrés de pommes de terre et de maïs :

	MOUT de pommes de terre	MOUT de maïs.
Degrés saccharométriques	26,30	22,60
Maltose	19,37	19,07
Dextrose totale	24,09	22,31
Dextrines	3,33	2,007
Substances fermentescibles	22,70	21,007
— non fermentescibles	3,60	1,523
Rapport de la maltose aux dextrines	5,8 : 1	9,5 : 1
Quotient de pureté (M + D)	86,30	93,20

Nous devons faire suivre ce tableau des quelques explications suivantes :

La proportion relative des hydrates de carbone (maltose + dextrines = M + D) d'un moût sucré et des corps qui ne sont pas des hydrates de carbone, rapportée à 100 degrés saccharométriques, est désignée sous le nom de *quotient de pureté* d'un moût.

Si S = les degrés saccharométriques du moût, D = la teneur en hydrates de carbone rapportée à sa valeur en dextrose, le quotient G, calculé pour S = 100, est donné par l'équation suivante :

$$G = \frac{D \times 100}{S}.$$

D'après les nombres contenus dans le tableau pour le moût de pommes de terre :

$$G = \frac{24{,}09 \times 100}{26{,}30} = 91{,}60 \text{ (quotient de la dextrose).}$$

Ce qui veut dire que sur 100 unités saccharométriques, 91,60 (calculées en dextrose) sont fermentescibles ; les autres 8,4 unités saccharométriques, n'étant pas formées de substances sucrées, ne peuvent pas fermenter.

Mais comme ce quotient se rapporte à la valeur en dextrose des hydrates de carbone présents et qu'il ne donne pas une idée tout à fait satisfaisante de ce qui existe en réalité, il vaut mieux calculer le *quotient réel* du moût sucré d'après la formule :

$$G = \frac{(M + D)\ 100}{S}$$

et d'après les nombres indiqués précédemment comme exemple pour un moût de pommes de terre

$$G = \frac{(19{,}37 + 3{,}33)\ 100}{26{,}20} = 86{,}31 \text{ (quotient réelle de M + D).}$$

Si l'on connaît ce quotient et le degré saccharométrique du moût sucré, on peut trouver, à l'aide d'un calcul extrêmement simple, la teneur en substances fermentescibles et en substances non fermentescibles.

La présence de substances non sucrées dans les moûts est due à ce que toutes les matières mises en œuvre renferment, outre de l'amidon saccharifiable, une certaine quantité de substances non fermentescibles, par exemple, d'éléments minéraux, de principes azotés, d'acides organiques, etc. Toutes ces substances sont indiquées par le saccharomètre. Mais, comme la quantité de ces matières non sucrées est variable, les quotients doivent naturellement représenter des grandeurs différentes. On aura, par exemple, un quotient plus élevé avec des moûts de pommes de terre riches en amidon, parce que ces dernières pour 100 parties de substances sèches renferment proportionnellement plus d'amidon et moins de non-amidon que des pommes de terre plus pauvres en fécule.

Il en est autrement pour le maïs. Ce dernier offre en général une composition plus uniforme que les pommes de terre. La teneur en substances non fermentescibles des moûts de maïs, des concentrations les plus différentes, n'oscille qu'entre 1,5 et 3 p. 100 tout au plus, tandis qu'avec les pommes de terre les valeurs correspondantes varient de 2,5 à 5 p. 100. La plupart des moûts de maïs, avec 20 à 24 p. 100 de concentration, ont 1,8 à 2,2 p. 100 de substances non fermentescibles, tandis que les moûts de pommes de terre renferment en moyenne plus de matières non sucrées que les moûts de maïs, soit 2,5 à 3,8 p. 100.

Dans le tableau précédent (p. 513), on a également indiqué le rapport entre la maltose contenue dans le moût sucré et les dextrines également formées pendant la saccharification, rapport qui dans le moût de pommes de terre est représenté par 5,8 : 1, et dans le moût de maïs par 9,5 : 1 (maltose : dextrines).

Ces nombres proportionnels permettent de tirer des conclusions sur la manière dont a été conduite la préparation du moût, car en opérant à différentes températures on peut obtenir des moûts avec des quantités différentes de maltose. Si, par exemple, la matière évacuée du cuiseur trouve une température de 56 à 57°,50 dans la cuve-matière et si la température n'est élevée à 60-62°,50 que vers la fin de la vidange, il se forme dans ce cas beaucoup de maltose et très peu de dextrines, ce qui, nous devons encore le faire remarquer, est une condition avantageuse, permettant de prévoir

pour le moût une fermentation bonne et complète. La prolongation de la durée de la fermentation de soixante-douze à quatre-vingt-seize heures a avant tout pour but de produire une meilleure fermentation des *dextrines;* si l'on travaillait partout, de façon qu'il se forme dans le moût sucré une quantité de maltose aussi grande que possible et aussi peu que possible de dextrines, une fermentation de quatre-vingt-seize heures avec les moûts marquant jusqu'à 24 p. 100 au saccharomètre n'aurait pas de raison d'être.

En général, un moût sucré est considéré comme bon, ou, pour mieux dire, comme saccharifié normalement, si sur 100 parties de substances fermentescibles il y a :

80,9 parties de maltose et
19,1 — de dextrines.

ce qui correspond à peu près à 4 parties de maltose pour 1 partie de dextrine.

D'après de nombreuses analyses et une pratique de plus de sept années, je puis affirmer que les moûts de pommes de terre qui contiennent *moins* de 80,9 parties de maltose pour 100 d'hydrates de carbone et, par suite, plus de 19,1 de dextrines, ne proviennent pas d'un processus de saccharification normal. Mais la matière exerce également une influence sur la production des quantités relatives de la maltose et des dextrines. Ainsi, par exemple, j'ai analysé une série de moûts de pommes de terre préparés avec des variétés nouvelles, qui contenaient 8,10 et même 13 parties de maltose pour 1 partie de dextrines, tandis que je n'ai jamais rencontré de proportions aussi favorables dans des moûts provenant de variétés anciennes, connues et cultivées depuis longtemps. Les procédés employés pour la préparation des moûts offraient toujours une similitude assez grande pour permettre une comparaison directe de toutes les analyses.

Enfin, il faut encore noter, comme d'une grande importance, le temps que l'on accorde à la diastase lors de la macération pour agir sur les dextrines produites pendant cette dernière et les transformer encore partiellement en maltose. Cela est dédaigné dans maintes localités et dans l'intention de terminer le travail aussi tôt

que possible, on commence à refroidir le moût dès que la vidange est terminée. Il en résulte alors fréquemment que la fermentation du moût reste insuffisante, parce que les dextrines qui se trouvent en grande quantité ne sont que partiellement fermentées.

Si donc on trouve dans un moût sucré de pommes de terre la maltose et les dextrines dans la proportion de 4 : 1, cela prouve seulement qu'il n'a pas été commis d'erreur grossière lors de la vidange et de l'empâtage ; mais tous les moûts qui renferment moins de 4 parties de maltose pour 1 partie de dextrines doivent être considérés comme des moûts mal préparés.

Les moûts de maïs, qui sont obtenus par travail du *maïs en grains entiers*, offrent presque toujours le rapport de 4 : 1 (maltose : dextrines), en admettant que la vidange et l'empâtage aient eu lieu normalement et tout à fait correctement.

Mais les moûts préparés sous pression avec du maïs égrugé ou moulu donnent, sous le rapport qui nous occupe, des résultats incomparablement plus favorables. Ici on trouve 12 à 14 parties de maltose pour 1 partie de dextrines, et cela suffit pour montrer de la manière la plus évidente l'avantage qu'il y a à travailler du maïs moulu ou égrugé. Cependant de fréquentes expériences avec des moûts à 23 p. 100 Balling environ m'ont montré qu'avec une saccharification de plusieurs heures, précédée d'une fluidification à 70-75°, on peut, sans avoir recours à une haute pression, préparer des moûts de maïs contenant, pour 23 parties de maltose, 1 partie seulement de dextrines.

III. — Analyse du moût-levain acidifié.

Parmi les analyses de contrôle nous devons mentionner ici celles qui sont relatives :

A la concentration,

Au degré d'acidité et

A la saccharification.

a. La *concentration* est déterminée exactement comme celle des moûts sucrés : le saccharomètre est plongé dans le liquide filtré à la température de 17°,50.

Pour les différentes raisons qui ont été données précédemment, à propos de la préparation de la levure, il ne convient pas que le moût-levain acide offre une concentration inférieure à 22 p. 100 Balling.

b. La détermination de l'acidité est très importante ; se rappelant l'axiome : *Beaucoup d'acide dans la levure, peu d'acide dans le moût*, le distillateur devra toujours contrôler pendant le processus de l'acidification la quantité d'acide formée. On se sert, pour la détermination de l'acidité, de l'appareil déjà décrit et figuré précédemment. Les centimètres cubes de solution de soude normale nécessaires pour 20 cm^3 du moût-levain acide (de même que de la levure mûre ou du moût), sont désignés sous le nom de *degrés d'acidité.* On se sert d'un papier de tournesol sensible, afin d'éviter des erreurs. Dans les distilleries, on rencontre souvent de vieux papier de tournesol, devenu tout à fait inserviable [1].

L'acidimètre de Lüdersdorff, autrefois fréquemment employé, a été complètement remplacé par l'appareil précédent. Nous devons cependant mentionner ici que 2° Lüdersdorff = 1° de l'appareil actuellement usité.

Pour ce qui regarde la quantité d'acide nécessaire dans le moût-levain, je ferai encore remarquer qu'elle n'est jamais trop grande. Les distilleries qui travaillent avec des cultures pures d'acide lactique atteignent 3 et plus de 3° d'acidité et elles influencent ainsi favorablement le pouvoir fermentatif de la levure. Une acidification aussi forte ne se rencontre que très rarement dans les distilleries, qui ne se servent pas d'une culture pure ; ici, une acidité de 2°,5 à 2°,8 est déjà élevée. Dans l'intérêt de la sécurité du travail, on ne devrait jamais opérer avec moins de 2 ou 2°,2 d'acide.

Dans les distilleries, où l'on remplace l'acide lactique par l'acide fluorhydrique ou le fluorure d'aluminium et où l'on travaille avec de la levure acclimatée, le moût-levain atteint à peine une teneur en acide supérieure à 0°,6-0°,7.

c. L'essai relatif à la *saccharification* du moût-levain, si tant est qu'il soit effectué par le distillateur, se borne à l'examen de la désagrégation mécanique. On humecte avec de la solution d'iode les

[1] Le papier de tournesol perforé de la fabrique de produits chimiques de Dietrich, à Helfenberg, près Dresde, mérite spécialement d'être recommandé.

drèches séparées du liquide par filtration et on y recherche les grains d'amidon non désagrégés. Le moût filtré limpide est également mélangé avec de la solution d'iode, et l'on procède comme il a été indiqué pour le moût sucré.

On observe assez fréquemment que le malt vert employé pour la levure artificielle a été mal concassé et qu'il s'est aussi mal dissous lors de l'empâtage.

La détermination de la *quantité* de la *maltose* et des *dextrines* du moût-levain acide et de leurs proportions relatives n'est pas en général nécessaire ; dans tous les cas, cette détermination est effectuée comme il a été dit à propos du moût sucré.

Une proportion de 2 de maltose pour 1 de dextrines est certainement contraire au développement vigoureux de la levure ; mais ici également on doit au moins exiger une proportion de 4 de maltose pour 1 de dextrine.

d. L'*examen à l'aide du microscope* du moût-levain acide fournit, si l'on est tant soit peu familiarisé avec l'usage de cet instrument, des indications très précieuses ; il permet de reconnaître d'abord si l'acidification est énergique, et, par suite, s'il en est de même pour le développement du champignon lactique, ensuite si le processus s'est fait dans de bonnes conditions de pureté. Même sans la numération des champignons lactiques, qui se présentent sous forme de bâtonnets plus ou moins longs, on peut apprécier bien vite si ces bâtonnets sont ou non ensemencés très épais et si les bactéries sphériques, qui représentent les organismes étrangers ennemis de la fermentation, altèrent fortement la pureté du moût.

Si c'est ce dernier cas qui existe, on peut en chercher la cause dans l'emploi d'une matière première impure, et alors on préparera le moût-levain à une plus haute température. Ou bien l'acidification a eu lieu à de trop basses températures et c'est alors ce qui a été la cause du développement de nombreuses bactéries sphériques.

L'image microscopique du moût-levain acide est fréquemment plus ou moins impure; on y observe une quantité plus ou moins grande de bactéries, tandis qu'une fois la fermentation achevée, la levure saine offre une image beaucoup plus pure. Les cellules de levure, dont le nombre va toujours croissant, finissent par détruire peu à peu les bactéries, qui alors disparaissent à l'œil.

Ce processus, qui a pour résultat une épuration spontanée, se produit aussi fréquemment dans le moût, de sorte qu'après une bonne fermentation le moût mûr est plus pauvre en bactéries qu'il ne l'était dans les premières périodes de la fermentation.

e. La *saveur* et l'*odeur* du moût-levain acide doivent être pures ; la saveur, en particulier, doit être aromatique, purement acide, mais en même temps douce et non piquante. Un goût de rance indique que le développement de l'acide lactique est plus ou moins défectueux.

IV. — Analyse de la levure fermentée.

a. *Degré de la fermentation.* — Il est déterminé à l'aide du saccharomètre dans le filtratum limpide, refroidi à 17°,50.

La concentration du moût-levain étant généralement élevée, la fermentation de la levure mûre doit être poussée très loin et, avec une concentration initiale de 22 p. 100 environ, elle doit s'élever à environ 4 à 5° Balling. Des fermentations à 3 ou 4 p. 100, qui peuvent se rencontrer quelquefois, ne nuisent pas à la levure ; cependant une fermentation habituelle aussi intense affaiblirait la levure.

b. *La détermination de l'acidité* dans la levure mûre a une très grande valeur et elle est très importante pour l'appréciation de la fermentation qui a lieu dans le moût-levain.

Si l'on a stérilisé le moût-levain acidifié en le chauffant à 75-81°, c'est-à-dire si l'on a arrêté le développement du ferment lactique, et si, après refroidissement à la température de mise en levain, on a déterminé l'acidité, le dosage de l'acide dans le moût fermenté ne doit indiquer qu'une très faible augmentation d'acidité pendant la fermentation, soit tout au plus 0°,2 à l'acidimètre. Mais si l'acidité a augmenté dans de plus grandes proportions, cela prouve que la fermentation n'a pas été pure. Il faudra alors rechercher la cause de cette forte acidification et la combattre.

c. *Examen microscopique.* — Dans l'examen microscopique, il faut surtout faire attention à la forme et à la grandeur des cellules, à

l'épaisseur de leurs parois, à la nature de leur contenu, à la répartition des vacuoles, à la grosseur des granulations du protoplasma, à la présence ou à l'absence de gouttelettes graisseuses. Au début de la fermentation, la levure forme d'énormes chapelets de rejetons, le protoplasma est écumeux et ne contient pas de granulations. Les vacuoles ne sont pas visibles.

La levure mûre se distingue par ses cellules isolées de même grandeur et bien formées. Le contenu des cellules doit être brillant et il ne doit y avoir qu'une vacuole. On ne doit trouver qu'un très petit nombre de cellules recroquevillées, fortement granuleuses, bourgeonnantes, ainsi que de cellules mortes.

Pour distinguer la levure saine et la levure malade ou morte, on met à profit la faculté d'absorption de cette dernière pour les matières colorantes, telles que le bleu d'aniline soluble dans l'eau et la solution neutre d'indigo.

On opère comme il suit : Sur un tissu de finesse moyenne on filtre un échantillon de la levure, on ajoute une goutte de la solution colorée et on laisse agir pendant quelques secondes. On étend ensuite avec de l'eau légèrement sucrée, on mélange bien et on dépose sur le porte-objet du microscope une goutte de liquide, sur laquelle on place un couvre-objet. Plus on voit de cellules colorées en bleu ou en violet, plus mauvaise est la levure ; de bonnes levures renferment tout au plus 3 à 4 p. 100 de cellules colorées.

On doit rechercher avec une attention particulière la présence de ferments secondaires et d'organismes ennemis de la fermentation, comme les bactéries des acides butyrique et acétique.

V. — Analyse du moût fermenté.

Le prélèvement de l'échantillon nécessaire pour cette analyse doit avoir lieu avec un soin particulier, si on ne veut pas s'exposer à des erreurs grossières. Une agitation superficielle, par exemple, avec le flacon servant à prendre les échantillons est tout à fait insuffisante ; le contenu de la cuve de fermentation doit au contraire être mélangé à fond, dans toute sa masse. On filtre ensuite dans

l'appareil déjà décrit à propos de l'analyse du moût sucré, mais en ayant bien soin de faire en sorte qu'il ne s'évapore pas d'alcool, et pour cela, après avoir versé le moût dans la poche filtrante, on met en place le couvercle du cylindre et on laisse d'abord le filtratum se rassembler dans ce dernier, pour le faire écouler ensuite rapidement dans l'éprouvette. On tient celle-ci légèrement inclinée directement au-dessous du robinet de vidange de l'appareil à filtration et de façon que la liqueur alcoolique coule sur la paroi interne de l'éprouvette.

a. *Degré de fermentation du moût mûr.* — Ce degré est déterminé à la température de 17°,50 dans le liquide filtré clair à l'aide du saccharomètre, et en observant les précautions qui ont été indiquées à propos de l'essai saccharométrique des moûts sucrés.

Comme cette détermination doit aussi être effectuée chaque jour dans la plus petite distillerie et que le travail de celle-ci est jugé surtout d'après le résultat qu'elle fournit, on ne se sert pas pour cela du saccharomètre ordinaire avec échelle de 0 à 24 ou 26, mais d'un petit instrument normal sensible, dont la graduation va de 1° au-dessous de 0 à 4° au-dessus et qui porte une tige mince, très fine.

Il faut bien faire attention à ce que le liquide à essayer soit clair et amené à la température de 17°,50; autrement on obtient des résultats inexacts.

Avec une bonne matière première et un bon travail, les *moûts de maïs* peuvent bien fermenter jusqu'à 0°; mais avec un travail excellent, des fermentations jusqu'à 0°,2 — 0°,3 au-dessous de 0 ne sont pas rares. Je dois rappeler ici que dans cette détermination il ne s'agit que de la *fermentation apparente;* nous reviendrons sur ce point ultérieurement avec quelques détails.

Pendant une longue pratique je n'ai que très rarement vu les *moûts de pommes de terre* fermenter jusqu'à 0°; la possibilité d'une fermentation aussi bonne doit par conséquent être admise. Une fermentation à 0°,3 — 0°,6 avec des moûts de pommes de terre à 22 p. 100 environ suppose déjà un travail parfaitement réglé et bien conduit et un moût avec un quotient de pureté élevé, par conséquent avec une faible teneur en substances non fermentescibles.

Mais il est plus fréquent d'observer avec les moûts de pommes de terre une fermentation entre 0°,8 et 1°,2 Balling; c'est toujours encore un travail convenable. Les fermentations qui sont au-dessus de 1°,5 ne doivent pas être considérées comme bonnes et on ne peut les regarder comme normales que dans le cas où l'analyse a décelé dans le moût une teneur très élevée en matières non fermentescibles.

L'essai à l'aide du saccharomètre du moût filtré fermenté, contenant par conséquent de l'alcool, conduit uniquement à la détermination de la *fermentation apparente*, qui est exclusivement pratiquée dans l'industrie. Mais si elle ne permet pas de tirer une conclusion directe sur la quantité des *hydrates de carbone non fermentés* (substances fermentescibles), encore présents dans le moût, elle est cependant tout à fait convenable pour des essais comparatifs et elle constitue une ressource indispensable pour le contrôle du travail.

L'indication du saccharomètre dans le moût fermenté, contenant de l'alcool, ne peut faire connaître que la *fermentation apparente*, parce que, indépendamment des substances non encore fermentées (maltose et dextrines) :

1° Le moût renferme aussi des substances non sucrées qui influencent l'indication du saccharomètre;

2° Parce que pendant la fermentation, outre les produits principaux, l'alcool et l'acide carbonique, il se forme aussi différents produits secondaires, qui sont également indiqués par le saccharomètre;

3° Parce que l'alcool résultant de la fermentation, par suite de son faible pouvoir spécifique, agit en abaissant les indications du saccharomètre.

Détermination du degré de fermentation réel. — On peut faire disparaître l'influence de l'alcool sur les indications du saccharomètre en expulsant par ébullition l'alcool du moût filtré, puis, rétablissant, après refroidissement, le volume primitif avec de l'eau distillée et déterminant ensuite le degré saccharométrique du liquide.

On peut aussi trouver par le calcul le *degré de fermentation réel*,

dès que l'on connaît le degré de fermentation apparent et la teneur en alcool du moût.

Si S = le poids spécifique du moût supposé exempt d'alcool,
S_1 = — — — contenant de l'alcool,
s = — — d'un mélange d'alcool et d'eau ayant la même teneur alcoolique que le moût,

on obtient l'équation suivante :

$$S = S_1 + (1 - s).$$

Exemple. — La fermentation d'un moût mûr est égal à 2° au saccharomètre = un poids spécifique de 1,008 (S_1). Le moût filtré contenait 10 p. 100 d'alcool en volume; $s = 0{,}9862$. D'après cela, l'équation devient :

$$S = 1{,}008 + (1 - 0{,}9862)$$
$$= 1{,}0218$$
$$= 5°{,}45 \text{ au saccharomètre.}$$

b. *Détermination de l'acide.* — 20 cm³ de moût filtré sont titrés comme il a été indiqué précédemment avec une solution de soude normale. Le nombre des centimètres cubes de soude employés fait connaître, en degrés d'acidité, la teneur en acide du moût.

La différence entre l'acidité initiale et l'acidité finale du moût indique l'*accroissement d'acidité* pendant la fermentation, dont la connaissance fournit d'excellentes indications sur la pureté du processus lui-même. Dans les conditions normales, l'accroissement de l'acidité est dû principalement à la formation d'acide lactique à côté d'acide succinique, tous les deux *non volatils*.

Outre ces acides, il peut aussi se former pendant la fermentation des acides volatils : acides propionique et butyrique, à côté d'acide acétique. Pour doser ces acides volatils, dont la présence permet de conclure à un processus de fermentation impure, il faut évaporer au tiers, par une vive ébullition, 100 cm³ de moût et ensuite titrer. La différence de titre entre l'échantillon bouilli et l'échantillon non bouilli indique la quantité des acides volatils.

Moins s'est accrue l'acidité, plus a été pure la fermentation; un accroissement de 0°,1 à 0°,2 seulement indique un excellent travail et une pureté parfaite de la fermentation. Un accroissement

de 0°,3 est encore très favorable dans un grand nombre de cas. Cependant la conclusion à tirer dépend aussi de l'acidité initiale du moût; l'accroissement seul n'est pas toujours décisif.

Mais dans tous les cas on peut dire qu'avec les moyens dont on dispose aujourd'hui il est facile, pour obtenir des fermentations pures, d'éviter dans les moûts fermentés un degré d'acidité supérieur à 0°,7-0°,8. Mais cela suppose que le moût sucré n'avait pas un degré d'acidité anormal, ce qui se rencontre souvent, par exemple, avec des pommes de terre pourries.

c. *Dosage de l'alcool.* — On étend d'un égal volume d'eau 100 cm³ du moût filtré, puis on verse le mélange dans un ballon

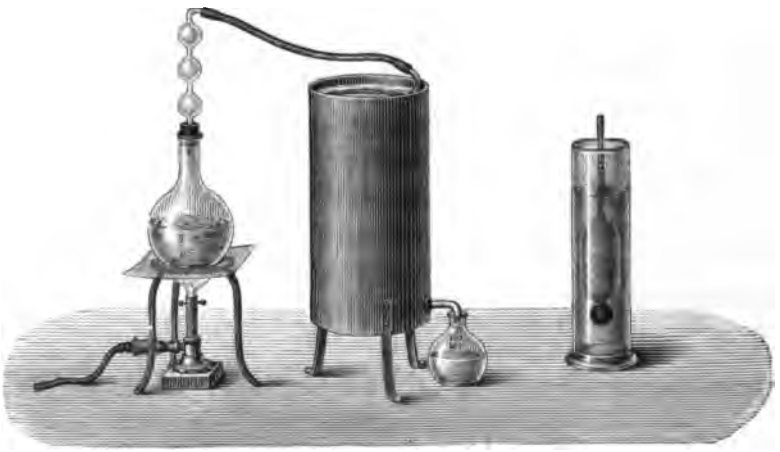


Fig. 154. — Appareil pour le dosage de l'alcool par distillation.

de 500 cm³ environ (fig. 154), communiquant avec un réfrigérant, et on distille jusqu'à ce qu'un ballon jaugé de 100 cm³ servant de récipient soit rempli jusqu'au trait de jauge. Le réfrigérant est en verre ou en métal et on emploie comme déflegmateur un tube à boules en verre.

Le distillatum, après avoir été amené à la température normale de 15°, est essayé au point de vue de sa teneur en alcool à l'aide d'un petit alcoomètre très exact, ne contenant qu'un petit nombre de degrés ayant au moins 10 mm. de longueur.

[L'alambic de Salleron, disposé spécialement pour l'essai des

vins et l'appareil SAVALLE pour le contrôle continu de l'épuisement des vinasses, décrit et figuré précédemment (p. 436), peuvent également être employés pour le dosage de l'alcool dans les moûts. Ce dernier dispositif offre l'avantage de se rapprocher des appareils distillatoires industriels et en même temps de permettre d'opérer sur un grand volume de moût ; pour s'en servir, il suffit de mettre le vase dans lequel on fait bouillir le moût à essayer en communication avec le tube *g* (fig. 135), afin que les vapeurs dégagées par le liquide puissent pénétrer dans la colonne comme les vapeurs émanant des vinasses. L'appareil de contrôle des vinasses, indépendant de la colonne distillatoire, qui sera décrit plus loin, peut également être employé pour le dosage de l'alcool dans les moûts.]

On peut aussi déterminer le *poids spécifique du distillatum à l'aide du picnomètre* et chercher la teneur en alcool dans une table donnant les richesses alcooliques correspondant avec différentes densités.

On obtient de la manière suivante des résultats correspondant à la réalité aussi exactement que possible : Un échantillon de 200 cm^3 du moût, filtré en évitant toute perte d'alcool, est exactement mesuré dans un ballon jaugé, puis il est versé dans l'appareil distillatoire et il y est ensuite neutralisé avec une lessive de soude afin de combiner les acides volatils et de les retenir. Après avoir additionné le moût filtré de son volume d'eau, on procède à la distillation. Afin d'empêcher le liquide de mousser outre mesure ou de donner lieu à des soubresauts, on y ajoute un petit morceau de zinc ou de paraffine. Le vase distillatoire est mis en communication avec un réfrigérant, devant lequel on place comme récipient un ballon de 100 cm^3. Lorsqu'il est passé à peu près 200 cm^3, on interrompt la distillation et l'on amène le distillatum exactement à la température normale, puis on détermine sa densité à l'aide du picnomètre ou de la balance de MOHR ou bien on y plonge un petit alcoomètre sensible. Le résultat obtenu a besoin de subir une petite correction, afin de tenir compte du volume de la drèche. Si l'on connaît ce dernier, on le déduit du volume du moût.

d. *L'examen de l'énergie diastasique* du moût fermenté offre une grande importance. Comme on le sait, lors de la saccharification du

moût dans la cuve-matière tout l'amidon n'est pas transformé en maltose, une partie restant dans le moût sous forme de dextrines, qui lors de la fermentation complémentaire doivent être converties en maltose par l'action ultérieure de la diastase. Pour obtenir une bonne fermentation, il faut donc une diastase active jusqu'à la fin de ce processus.

C'est pour cela que l'essai pour diastase doit toujours être pratiqué lorsqu'il existe une fermentation défectueuse. Pour effectuer cet essai, je ne puis recommander la réaction du gaïac, parce qu'elle n'est pas absolument probante. J'ai observé un certain nombre de cas dans lesquels, en produisant cette réaction, la coloration bleue caractéristique est immédiatement apparue, bien que toute trace de diastase fût absente.

Mais je puis recommander comme tout à fait convenable, bien qu'elle exige plus de temps que la réaction qualitative avec le gaïac, la détermination de la diastase d'après Effront. L'analyse est effectuée sur le moût fermenté exactement comme je l'ai décrit à propos du moût sucré. En employant du malt de bonne qualité et en quantité suffisante et la fermentation étant bien conduite, le moût sucré doit encore offrir un pouvoir saccharifiant de 1,00 à 1,25 cm^3. Si l'on obtient un résultat moins favorable, l'examen devra porter sur la saccharification, la quantité de malt employée et la conduite de la fermentation, jusqu'à ce qu'on ait découvert l'erreur commise.

J'ai effectué l'essai relatif à l'énergie diastasique dans quelques distilleries de la Bavière, où il est pratiqué avantageusement par les distillateurs, qui le considèrent comme un excellent moyen de contrôle du travail dans tous les cas critiques.

e. *Dosage de la maltose et des dextrines dans le moût fermenté.* — Ce dosage devant être effectué par une méthode chimico-analytique ne peut guère être pratiqué par le distillateur lui-même. Mais, fait par le chimiste dans un laboratoire, ce dosage fournit d'excellentes indications sur la marche de la fermentation et son résultat.

Le dosage de la *maltose* est pratiqué de la manière suivante :

50 cm^3 du moût filtré sont évaporés au bain-marie jusqu'à réduc-

tion de moitié du volume primitif, afin d'expulser l'alcool. Le résidu est ensuite versé dans un ballon de 100 cm³, le vase où a lieu l'évaporation est lavé et l'eau de lavage ajoutée dans le ballon ; cela fait, on fait tomber dans le liquide trois ou quatre gouttes d'acétate neutre de plomb et autant d'acide phosphorique à 20 p. 100, puis on remplit le ballon jusqu'au trait de jauge et on agite bien.

Comme le précipité formé filtre généralement mal, on laisse reposer pendant vingt-quatre heures et ensuite on prélève avec précaution, à l'aide d'une pipette jaugée, 50 cm³ du liquide surnageant, qu'on transporte dans un second ballon jaugé de 100 cm³, et on remplit également ce dernier jusqu'au trait de jauge.

De ces 100 cm³, on emploie 25 cm³ pour le dosage de la maltose que l'on affectue exactement comme il a été dit à propos de l'analyse du moût sucré.

La quantité de maltose obtenue, multipliée par 8, donne la proportion contenue dans les 50 cm³ de moût mesurés primitivement.

Pour avoir la teneur p. 100, il faut multiplier ces 50 cm³ par le poids spécifique correspondant à la fermentation réelle, afin d'obtenir le nombre de grammes correspondants, et le calcul de la teneur p. 100 se fait ensuite comme à l'ordinaire.

Pour doser les *dextrines*, on évapore d'abord à moitié 50 cm³ du moût filtré, comme il a été dit pour la maltose, puis on ajoute au liquide environ 170 cm³ d'eau et 15 cm³ d'acide chlorhydrique à 1,125 de densité et on intervertit en chauffant pendant trois heures au bain-marie bouillant.

Après refroidissement, on neutralise avec une lessive de soude de façon à laisser la dissolution encore légèrement acide, on ajoute trois ou quatre gouttes d'acétate neutre de plomb et autant d'acide phosphorique à 20 p. 100 et on complète à 500 cm³

De ces 500 cm³, on emploie 25 cm³ pour le dosage de la dextrose, on calcule p. 100 la quantité de dextrose obtenue et, comme il a été dit à propos des moûts sucrés, on convertit cette quantité en dextrines.

Pour pouvoir, d'après les résultats des dosages de la maltose et

des dextrines, apprécier le travail, il est nécessaire d'être renseigné sur les points suivants :

Comme on l'a déjà dit précédemment, la maltose et les dextrines contenues dans le moût ne fermentent jamais complètement, même avec le meilleur travail. Il reste toujours de petites quantités de sucre et le rapport de la maltose non fermentée aux dextrines non fermentées sert de son côté pour apprécier la fermentation, et il permet de tirer des conclusions sur la suffisance ou l'insuffisance de la dose de malt employée, sur la saccharification et la marche de la fermentation, ainsi que sur la préparation de la levure artificielle et son résultat.

La plus faible quantité de maltose non fermentée que j'aie trouvée dans cent moûts analysés était de 0,3 p. 100. Cependant une aussi bonne fermentation de la maltose est à ma connaissance extrêmement rare. Une teneur en maltose de 0,5 à 0,6 p. 100 est, à mon avis, une moyenne normale. Mais lorsque la quantité non fermentée dépasse 8 p. 100, il y a une défectuosité dans le travail. Celle-ci peut être attribuée à la levure artificielle elle-même, dont la préparation doit alors être soumise à un contrôle rigoureux, ou bien la fermentation n'a pas eu une marche normale. On reconnaîtra le plus souvent que la fermentation préliminaire a duré trop longtemps et que la fermentation principale s'est déclarée trop tard; le moût, par conséquent, pouvait ne pas être mûr.

La *fermentation des dextrines* n'est jamais aussi complète que celle de la maltose. Si 0,3 p. 100 représente la meilleure fermentation de la maltose, dans la pratique la meilleure fermentation des dextrines devrait être désignée par l'indication absolue de 0,5 à 0,6 p. 100 et 0,8 à 0,9 p. 100 devrait indiquer la quantité moyenne normale des dextrines non fermentées.

Le travail de la distillerie étant normal, les proportions relatives de la maltose et des dextrines non fermentées sont représentées par 1 : 1,25 à 1 : 1,5. Ces résultats se rapportent à des moûts épais et à des moûts clairs, mais dont la fermentation n'a duré que soixante-douze heures. Je n'ai eu jusqu'à présent que rarement l'occasion d'examiner chimiquement des moûts d'une fermentation de quatre-vingt-seize heures.

Les indications qui suivent peuvent servir d'exemple de mauvaises fermentations. Dans un cas, on obtint les résultats suivants :

Fermentation apparente	5°,6 Balling.
Teneur en maltose	2,31 p. 100
Teneur en dextrines	1,58 —
Rapport de M : D	1,46 : 1

Comme dans ce cas, la teneur en maltose non fermentée est beaucoup plus élevée que celle en dextrines, nous sommes en présence d'un résultat anormal, duquel nous pouvons conclure que la faute doit être due cette fois à un mauvais travail, à une défectuosité dans la préparation de la levure artificielle ou dans l'action de la levure pendant la fermentation. Car, dans les conditions normales, la transformation de la maltose directement fermentescible en alcool et acide carbonique est beaucoup plus complète que celle des dextrines ne fermentant qu'indirectement et par suite plus difficilement et plus lentement. La préparation du malt et son action peuvent dans ce cas avoir été tout à fait normales. On sera renseigné sur ce point en déterminant par l'analyse chimique le rapport de la maltose aux dextrines.

Le cas suivant montre un résultat différent.

Fermentation apparente	3°,25 Balling.
Maltose	0,76 p. 100
Dextrines	2,48 —
M : D	0,3 : 1

Ici, la fermentation de la maltose avait été normale ; dans tous les cas, la levure a rempli son devoir. Le défaut se trouvait donc soit dans le malt lui-même, soit dans le processus de la saccharification, mais en tout cas dans l'action du malt. Comme on le voit, une pareille analyse renseigne le distillateur de la manière la plus satisfaisante sur la direction dans laquelle il doit exercer son contrôle, pour découvrir le point de départ de la défectuosité.

f. *Examen microscopique du moût mûr.* — Pour celui qui est familiarisé avec la physiologie des champignons inférieurs et qui a tant soit peu l'habitude de l'image microscopique, l'examen à l'aide du microscope constitue un excellent moyen pour se

rendre compte de la marche de la fermentation ; il sera dans la plupart des cas possible de découvrir la cause des perturbations qui viendront à se produire dans la fermentation.

Établir des règles applicables dans la majorité des cas est chose impossible ; bien que presque toute défectuosité dans le travail trouve son expression dans l'image microscopique du moût mûr, fréquemment les mêmes causes peuvent cependant avoir pour conséquence des effets différents ; d'un autre côté, les mêmes phénomènes proviennent souvent de causes tout à fait différentes.

Afin d'obtenir une image correspondant à la réalité, on emploie pour l'examen microscopique une goutte non étendue, débarrassée des particules grossières du moût non filtré. Si l'on filtrait le moût plusieurs fois, la majeure partie des cellules de levure et des bactéries serait retenue par les drèches ; en se servant du liquide filtré pour l'examen microscopique, on arriverait donc, relativement à la contamination du moût par des ferments secondaires, à des conclusions tout à fait erronées.

Pour l'examen spécial de la levure, on se sert ensuite d'un moût étendu de dix à vingt fois son volume d'eau.

En renvoyant à ce qui a déjà été dit précédemment sur l'aspect des cellules de levure saines et malades, nous nous bornerons ici aux indications générales suivantes.

Dans le moût mûr, les cellules de levure ne doivent plus être en chapelets, mais sous forme de cellules isolées, bien développées. Si les parois des cellules sont fortement épaissies, si leur contenu est plus ou moins contracté et granulé, cela indique qu'elles ont été fâcheusement influencées par de hautes températures durant la fermentation et par une teneur élevée en alcool ou en acide. Des cellules saines, n'ayant pas éprouvé les dommages dont il vient d'être question, présentent encore une vacuole bien évidente et un contour indiqué par une ligne peu accentuée. Les cellules qui s'éloignent du type fondamental ovale ou rond ne sont pas à propos.

Après l'examen des cellules de levure, il faut, lors de l'étude microscopique des moûts mûrs, accorder une attention particulière aux *ferments étrangers* qui agissent défavorablement sur la fermentation alcoolique. Ces ferments sont des bactéries sphériques et

des formes en bâtonnets tout à fait courts, et avec une bonne fermentation, ils ne doivent se rencontrer qu'en très petit nombre; mais fréquemment ils sont plus nombreux que les cellules de levure et alors ils font périr celles-ci rapidement. Comme ces organismes ennemis de la fermentation, qui proviennent partie de l'air, partie du malt, infectent la levure artificielle et le moût sucré, on se met à l'abri des graves inconvénients qu'ils entraînent en exigeant une grande propreté dans tous les travaux de la distillerie. En outre, on parvient à éloigner les bactéries ennemies de la fermentation en effectuant l'empâtage à de hautes températures, en se servant de levure de culture pure et évitant les points morts lors de la préparation de la levure artificielle, enfin en employant des désinfectants, surtout l'acide fluorhydrique.

VI. — Analyse des produits de queue et des vinasses.

Un contrôle régulier des *produits de queue*[1] qui s'écoulent des appareils distillatoires est absolument indispensable. Dans un grand nombre de distilleries, les produits de queue sortant de l'appareil passent dans un tuyau, qui les conduit directement à l'égout; il est alors impossible ou au moins très difficile de recueillir de ces produits en vue de leur analyse. Cette manière de faire est tout à fait mauvaise et est fréquemment la cause de pertes, dont souvent on ne s'aperçoit pas pendant des mois.

Un grand nombre de distillateurs pensent que, lors de la distillation, on ne peut jamais désalcooliser complètement les produits de queue, que normalement ils doivent encore contenir plus ou moins d'alcool. Mais cette opinion est tout à fait fausse. On rencontre sans doute encore çà et là des appareils distillatoires de construction ancienne qui encore fréquemment laissent un peu d'alcool dans ces produits. Les appareils de construction récente, aussi bien les périodiques que les continus, fonctionnent le plus souvent, lorsqu'ils sont bien conduits, d'une manière irréprochable,

[1] [Cette dénomination s'applique aux huiles mêlées avec de l'eau, qui, dans les appareils distillatoires allemands, sont séparées à l'aide de dispositifs spéciaux (voy. p. 423); ces produits sont désignés en Allemagne sous le nom de *Lutter*.]

et le contrôle qui est basé sur l'examen des produits de queue s'adresse plutôt au travail de l'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil qu'au fonctionnement de ce dernier.

L'essai des produits de queue est extrêmement simple. On en recueille une grande quantité, un à deux litres; on les laisse refroidir dans un vase bien clos et on en remplit une éprouvette. Lorsque le liquide a été amené à la température de 15°, on y plonge un aréomètre construit spécialement pour cette analyse. Ce dernier est un petit alcoomètre normal comprenant les degrés de 0 à 3 p. 100 en volumes divisés en dixièmes.

Si les produits soumis à l'examen sont troubles, on ne peut pas les essayer directement, tels qu'ils sortent de l'appareil distillatoire; il faut d'abord les distiller et déterminer l'alcool dans le distillatum. Il est bon, avant la distillation, de neutraliser l'acide acétique et les autres acides qui peuvent être présents, afin qu'ils ne passent pas avec le distillatum.

Dans la plupart des appareils distillatoires continus, s'ils sont à deux colonnes (appareils allemands), la colonne à produits de queue est pourvue d'un dispositif, à l'aide duquel on peut déterminer à chaque instant le poids spécifique de ces produits, à mesure qu'ils s'écoulent.

Dans les appareils distillatoires discontinus du système Pistorius, on trouve fréquemment les produits de queue incomplètement désalcoolisés, si leur récipient n'est pas pourvu d'un tuyau de vapeur, s'ils ne sont portés à l'ébullition que par la vapeur venant de la chaudière à moût. Une injection directe de vapeur est dans ce cas indispensable.

Ce que nous venons de dire pour la désalcoolisation des produits de queue, convient aussi pour les *vinasses :* normalement celles-ci doivent être complètement dépouillées d'alcool.

Pour savoir si la vinasse renferme de l'alcool, on la soumet à la distillation, en se servant du petit appareil dont il a été question à propos du moût fermenté (p. 525).

Ce qu'il y a d'important dans la détermination de l'alcool, c'est d'employer un échantillon de vinasse suffisamment grand [ce qui est possible avec l'appareil de Savalle, qui va être bientôt décrit] et prélevé avec toutes les précautions nécessaires.

Si c'est possible, la vinasse doit être prise, non pas dans le réservoir, mais directement à sa sortie de l'appareil distillatoire et recueillie dans un vase en tôle de 5 à 10 litres. Ce vase est immédiatement fermé avec son couvercle et placé dans de l'eau froide, de façon à le refroidir aussi rapidement que possible.

Pour avoir des indications exactes, il faut soumettre à une distillation lente au moins 5 ou 6 litres de la vinasse refroidie, en employant comme récipient un petit ballon ou une éprouvette de 500 à 1 000 cm^3. Lorsque le distillatum remplit le récipient presque jusqu'au trait de jauge, on interrompt la distillation, on remplit le vase jusqu'au trait avec de l'eau distillée et à l'aide du petit alcoomètre mentionné plus haut, en essaie le distillatum amené à la température normale. Pour trouver la teneur en alcool de la vinasse, il faut, si l'on a distillé et recueilli les quantités indiquées plus haut, diviser par 10 l'indication de l'alcoomètre.

[Si l'appareil distillatoire est pourvu du dispositif de Savalle décrit précédemment (p. 436), l'essai de la vinasse, au point de vue de sa teneur en alcool, peut être fait à tout instant, sans aucune manipulation. On peut aussi se servir dans le même but d'un autre dispositif également dû à Savalle et qui est tout à fait indépendant de l'appareil distillatoire; il offre d'ailleurs la plus grande analogie avec l'appareil de contrôle continu. Cet appareil est représenté par la figure 155.

Dans la chaudière *a*, on introduit 10 litres de vinasse par une ouverture ménagée à cet effet dans le couvercle; on met de l'eau froide dans le manomètre *g*, dans l'analyseur *c* et dans le réfrigérant *d*, puis on allume le gaz amené par le tube R. Le liquide contenu en *a* étant entré en ébullition, les vapeurs qui s'en dégagent traversent les plateaux de la colonne *b*. Après quelques instants de distillation intérieure, l'eau se trouve chaude en *c*, et alors les vapeurs les plus riches en alcool passent à la distillation, en se condensant dans le réfrigérant *d* et s'écoulant dans l'éprouvette graduée *e*. Le volume du produit de la distillation dépend de la teneur alcoolique de la vinasse essayée; un produit de 100 cm^3 renferme toujours tout l'alcool contenu dans les 10 litres de vinasse versés dans la chaudière. Lorsque le volume du distillatum a atteint 100 cm^3, on est donc sûr qu'il contient tout l'alcool du

volume de vinasse soumis à l'essai; il suffit alors de plonger dans l'éprouvette *e* un alcoomètre, afin de connaître la richesse du produit.]

Les appareils distillatoires continus de construction moderne qui

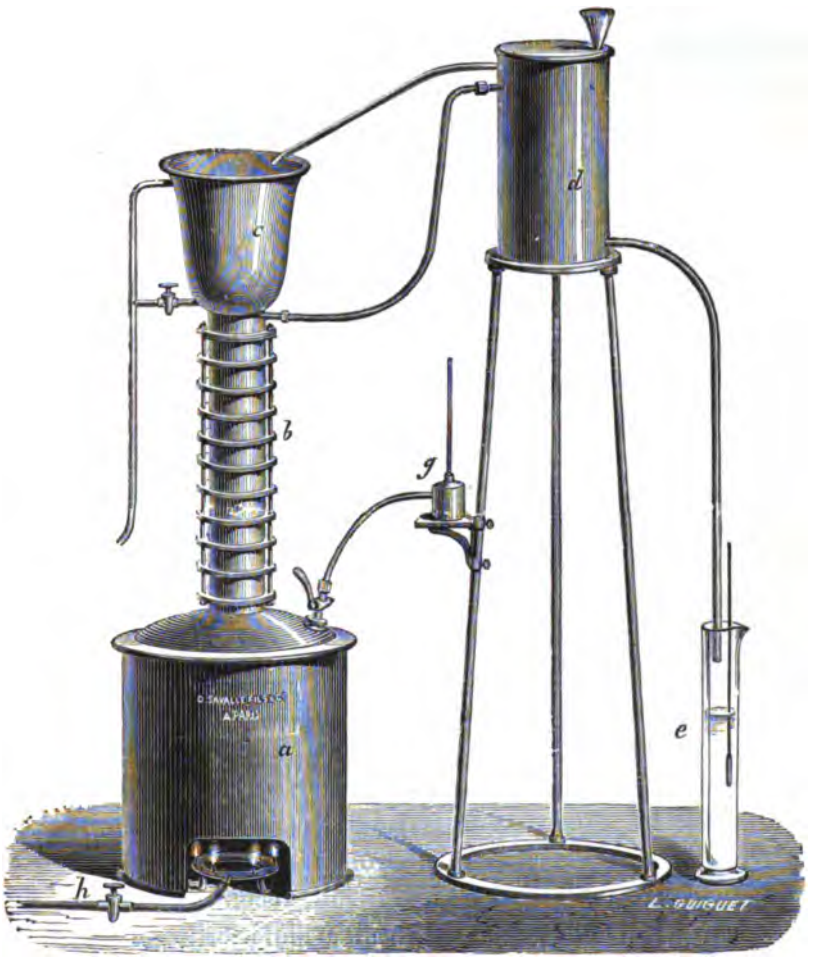


Fig. 155. — Appareil Savalle pour le contrôle de l'épuisement des vinasses.

sont munis de dispositifs automatiques pour le contrôle de l'épuisement des produits de queue (appareils allemands) et des vinasses, fournissent presque régulièrement, s'ils sont bien conduits, des vinasses complètement désalcoolisées. Mais il en est autrement avec les anciens appareils, surtout avec celui de Pistorius à une

seule chaudière ; avec ces derniers, on trouve assez souvent encore 0,1 à 0,2 p. 100 d'alcool.

L'analyse de la vinasse devrait également être pratiquée beaucoup plus fréquemment que, d'après l'expérience de l'auteur, on n'a coutume de le faire, afin de découvrir immédiatement et de faire disparaître des défectuosités dans les appareils eux-mêmes ou dans leur conduite.

ACCIDENTS DU TRAVAIL ET SON CONTROLE

Dans les pages suivantes, je vais donner comme appendice une courte description des accidents les plus fréquents du travail *des matières amylacées*, en signalant en même temps les phénomènes anormaux auxquels ces accidents peuvent être reconnus, le travail étant soumis à un contrôle, et qui permettent par conséquent de faire disparaître la cause des perturbations constatées.

Le cadre restreint de cet ouvrage ne nous permet pas de traiter ce sujet d'une manière complète et approfondie. Le distillateur doit surtout porter son attention sur certaines perturbations particulièrement fréquentes et sur leurs causes, en les observant et y réfléchissant d'une manière toute spéciale. Alors il n'éprouve pas, dans la plupart des cas, de grandes difficultés pour découvrir la cause des accidents qui viennent à se produire. Mais il sera plus difficile dans nombre de cas de les faire disparaître.

Les propriétaires des distilleries, les inspecteurs, etc., feront avec intérêt les constatations suivantes et y trouveront de précieux renseignements pour le contrôle du travail.

Le distillateur, même le moins instruit, reconnaîtra qu'il existe certaines perturbations dans le travail à l'infériorité du *degré de fermentation* du moût mûr. Cette raison est déjà suffisante pour rendre tout à fait indispensable la détermination du degré de fermentation de tout moût fermenté, avant de le soumettre à la distillation, détermination qui sera effectuée d'après les indications données précédemment. Cependant, un distillateur tant soit peu expérimenté n'est pas renseigné sur la non-réussite de la fermentation et sur l'existence d'une défectuosité quelconque unique-

ment par l'essai du moût fermenté à l'aide du saccharomètre ; non, l'observation de la marche de la fermentation, surtout de la fermentation complémentaire, ainsi que l'échauffement insuffisant du moût lui ont déjà fait pressentir que la fermentation laisserait à désirer et qu'il faudrait s'attendre à une perte d'alcool.

Si l'on ignore qu'il se soit produit quelque défectuosité dans le travail et si l'on ne trouve aucune explication pour la perturbation constatée, on fera bien en toutes circonstances de mettre en œuvre moins de matière, c'est-à-dire de préparer des moûts plus clairs, jusqu'à ce qu'on soit sur les traces du point défectueux. On s'évite ainsi des pertes inutiles en matière première.

Abstraction faite de celles qu'à tort ou à raison on peut attribuer aux indications inexactes des instruments de contrôle, comme le thermomètre et le saccharomètre, la majeure partie des perturbations qui surviennent dans le travail peuvent être dues soit à une *action insuffisante du malt*, soit à ce que *la levure ne remplit qu'imparfaitement son rôle*.

Lorsqu'une perturbation survient, le distillateur se demande donc tout d'abord si c'est le malt qui est défectueux ou bien la levure, ou peut-être même s'ils le sont tous les deux.

La réponse à ces questions n'est cependant pas toujours très facile ; dans tous les cas, un certain nombre de causes peuvent être invoquées ; il faut examiner l'une après l'autre les différentes phases du travail, afin de savoir si une faute ne s'y est pas glissée.

Pour le directeur de la distillerie, ces questions se résolvent généralement rapidement et d'elles-mêmes, parce qu'il connaît ou du moins doit connaître la manière dont les choses se passent dans l'usine ; il n'en est pas de même pour les agents techniques qui inspectent les distilleries ou pour le propriétaire de celle-ci. S'il s'agit, par exemple, d'une perturbation partant du *malt*, on procédera de la manière suivante :

1. Perturbations qui doivent être attribuées au malt ou à l'action du malt.

Comme la défectuosité peut se trouver aussi bien dans la matière première de la préparation du malt que dans le malt lui-même ou

dans l'action du malt (processus de la saccharification, action complémentaire de la diastase), il faut :

1° Examiner si l'orge ou la céréale destinées à la préparation du malt conviennent bien pour cet usage.

On doit d'abord procéder à l'examen extérieur de l'orge. Si le grain a une odeur de renfermé, si ses pointes sont noires, s'il renferme beaucoup de poussière ou s'il présente des moisissures, *un lavage de l'orge doit être vivement recommandé*. Mais comme dans les cuves mouilloires, généralement disposées d'une manière peu pratique, un lavage et un nettoyage complets du grain sont à peine praticables, on devra avoir recours à l'emploi de désinfectants énergiques, et alors on ne saurait recommander trop chaudement l'emploi d'un tambour pour le lavage et le mouillage de l'orge, sans lequel il est impossible de faire agir énergiquement les agents de désinfection.

2° Relativement au mouillage lui-même et à sa durée, il faut considérer si l'eau a été changée fréquemment, si le grain mouillé a été abandonné à lui-même sans eau pendant un certain temps, et si la cuve mouilloire est suffisamment grande, afin que la couche d'orge ait partout au-dessus d'elle une hauteur d'eau au moins égale à 8 à 10 cm. On devra aussi savoir si la cuve mouilloire, chaque fois qu'elle est vidée, est bien suffisamment nettoyée et désinfectée. Si cela n'a pas lieu, il reste dans les cuves des matières visqueuses, contenant une quantité de germes dangereux, qui infectent l'orge saine.

Pour mesurer exactement la durée du mouillage, il faut savoir si l'orge travaillée est légère, moyenne ou lourde. Plus l'orge est lourde, plus le grain est plein et plus son enveloppe est épaisse, plus le mouillage doit être prolongé. Nous ne répéterons qu'incidemment qu'ici la température et le degré de dureté de l'eau jouent également un rôle. S'il s'agit d'une orge mouillée par la pluie ou plus ou moins poussée, il faut procéder pour son mouillage avec une précaution particulière, c'est-à-dire qu'on doit arrêter le mouillage avant l'apparition des signes de maturité mentionnés à la page 60. Si plus tard, pendant le traitement du grain sur l'aire du germoir, on complète ce qui manque d'humidité par arrosage, on obtiendra un développement meilleur et plus uni-

forme. A cette occasion, je ferai encore remarquer combien il est absurde de vouloir malter un mélange d'orges de poids différents. Le manque d'uniformité dans le développement des différents grains est naturellement la conséquence de cette pratique, malheureusement trop fréquente. On travaille donc avec perte, ce que l'on peut éviter avec peu de peine et de frais, en soumettant l'orge à un triage.

3° Le contrôle de la température dans le malt en voie de développement est d'une extrême importance. Il y a inconvénient à ce que la température s'élève au-dessus de 20°. Il est vrai qu'alors le malt se développe rapidement, mais sa valeur diastasique est plus faible et en outre la diastase n'a pas de résistance. Elle peut encore produire normalement la saccharification du moût dans la cuve-matière, mais elle n'est généralement plus apte exercer son *action complémentaire*, si importante dans la dernière phase de la fermentation (tranformation des dextrines en maltose).

L'aspect extérieur du malt mûr fournit également des indications importantes pour le contrôle. La germe foliacé ne doit pas seulement être visible, il doit dépasser le grain de la moitié de sa longueur ; les radicules doivent être très nombreuses, blanches et turgescentes. Sur 100 grains d'orge, il doit toujours y en voir 95 de germés. Les grains d'orge non développés, généralement brisés par la machine à battre, peuvent présenter des moisissures, tandis que sur les grains développés, c'est tout au plus si l'on doit çà et là en remarquer quelques-unes. — Le malt doit avoir une odeur fraîche aromatique, analogue à celle des concombres, mais il ne doit jamais sentir le renfermé.

Après l'examen de la qualité du malt, il est important de porter son attention sur la *quantité* employée pour la saccharification. Sur ce point, le directeur de la distillerie ne devrait pas se contenter de ne donner qu'une indication approximative, il devrait pouvoir dire exactement si pour 100 litres de moût on a mis en œuvre 3, 4 ou 5 kg. de malt. Le malt devrait par conséquent être pesé. En général, je n'aime pas qu'on économise le malt par principe, parce qu'il en résulte trop facilement des perturbations dans le travail et finalement une mauvaise fermentation. Il faut au contraire en distillerie travailler avec un certain excès de malt — ne serait-ce que

dans l'intérêt de la sécurité du travail. Un léger excès de malt est encore nécessaire, même si l'on a fait déterminer chimiquement le pouvoir saccharifiant et liquéfiant du malt. Un essai du moût sucré et fermenté au point de vue du pouvoir saccharifiant, d'après la méthode extrêmement simple indiquée précédemment, rendra ici un très grand service. Le distillateur apprend ainsi en toutes circonstances si les quantités de malt qu'il emploie sont suffisantes ou non.

Enfin, il faudrait aussi examiner le travail du concassage du malt, c'est-à-dire voir si avant son emploi ce dernier a été, comme cela est nécessaire, broyé aussi finement que possible. La diastase contenue dans les grains non concassés n'entre pas ou seulement incomplètement en dissolution. Lorsqu'un moût est entré dans la fermentation complémentaire, le mouvement de ses particules est presque complètement arrêté ; alors, les grains de malt non broyés flottent à la surface du moût et se font remarquer lors de l'inspection des cuves.

Pour compléter les remarques qui précèdent, j'ai réuni dans le tableau suivant (p. 541) les analyses d'un certain nombre de malts. De cette façon, on pourra voir immédiatement ce que c'est qu'un bon malt et un malt moins bon, comment se maltent les orges lourdes et les orges légères, à quel produit final conduisent les fautes que l'on commet le plus fréquemment dans la malterie

Les courtes remarques que j'ai ajoutées font connaître les différentes conditions qui pour chaque malt existaient dans la distillerie, c'est-à-dire dans la malterie, autant que cela m'a été possible ; j'ai aussi donné sur la matière première, sur l'orge, des indications qui complètent le tableau de la manière la plus avantageuse.

Comme on le voit d'après ce tableau, la teneur en eau des différents malts verts offre d'importantes variations : elle oscille entre 36 et 50 p. 100. La teneur la plus fréquente est celle de 45 à 48 p. 100, aussi bien pour les échantillons dont il est question dans le tableau que pour les autres très nombreux que j'ai analysés. Lorsque l'orge a été fortement humectée sur l'aire du germoir, la teneur en eau s'élève parfois jusqu'à 60 et 65 p. 100 ; il est alors absolument indispensable, lors de la mensuration de la dose de malt destinée à la saccharification, de tenir compte de

Analyses de malts d'orge verts.

	1	2	3	4	5		6		7		8	9
	Excellent travail.		Très bon travail.		Orge pesante, traitée froide, sans arrosage.		Orge très pesante, traitée froide, un peu arrosée.		Orge légère, traitement normal, arrosée.		Mauvaise orge. Mauvais malt.	Germoir trop petit. Température trop haute
	Orge légère 6 jours de germoir.	Orge moyennement lourde 8 jours de germoir.	Orge légère 8 jours de germoir.	Orge très légère 8 jours de germoir.	Germoir. 8 jours.	Germoir. 12 jours.	Germoir. 8 jours.	Germoir. 9 jours.	Germoir. 10 jours.	Germoir. 13 jours.		
Teneur en eau . . .	44,75	46,87	47,40	47,63	36,71	36,45	48,43	50,2	48,17	50,69	—	—
Chiffre de fluidification.	2,00 c.c.	2	2	2	3,5	2,50	2	2	2,5	2,5	4,5	4
Chiffre de saccharification.	4,25 »	4,75	5	5,5	7,75	7,75	7,25	6.75	5,25	4,75	9	10,75
Radicule (indiquée en longueurs de grain)	1 1/2 — 2	1 1/2 — 2	2 — 2 1/2	2 — 2 1/2	1 1/2	1 1/2 — 1 3/4	1 1/2 — 2	2 — 2 1/2	1 — 1 1/2	1 1/2 — 2	1 1/2 — 2	1 — 1 1/2
Germe foliacé (indiqué en longueurs de grain).	3/4	1 — 1 1/2	1 1/2 — 2	1 — 1 1/2	1/2 — 3/4	1/2 — 3/4	1/2 — 3/4	1 1/2 — 1 3/4	1/2 — 3/4	1 1/2 — 2	2/3 — 3/4	2/3 — 3/4
	Orge employée :	Orge employée :	Orge employée :	Orge employée :	Orge employée :		Orge employée :		Orge employée :		Orge employée :	Orge employée :
Poids de l'hectolitre.	»	61 kg.	56,5 kg.	53,5 kg.	65,4 kg.		69 kg.		54,19 kg.		57 kg.	moyen lourde.
Pouvoir germinatif.	»	94,5 p. 100.	96.5 p. 100.	94 p. 100	94 p. 100.		95 p. 100.		92 p. 100.		51 p 100.	pouvoir germinatif normal.
Couleur.	»	normale	jaune sale.	assez claire.	assez claire.		jaune gris.		assez grise.		brune.	
Odeur	»	»	de renfermé.	bonne.	normale.		normale.		de renfermé.		de renfermé.	

cette teneur anormalement haute. Il arrive fréquemment que les malts aussi humides se laissent mal concasser.

Les échantillons de malt 1 et 2 représentent un travail excellent à tous les points de vue et donnent un résultat favorable, comme le prouvent les chiffres de saccharification et de fluidification. En outre, l'échantillon 1 offre cela d'intéressant que le germe foliacé n'a atteint que les trois quarts de la longueur du grain et que le traitement sur l'aire du germoir n'a duré que six jours. D'après mes expériences fréquemment répétées, un développement du malt poussé plus loin n'aurait produit aucune augmentation de la force diastasique.

Les échantillons 3 et 4 ont donné à l'analyse un très bon résultat. Les orges employées étaient partie légères, partie très légères (échantillon 4) ; dans les deux cas, le traitement sur l'aire du germoir n'a été que de huit jours.

Les échantillons 5 et 6 ont été préparés avec des orges lourdes et des orges très lourdes. L'influence favorable d'un *mouillage complémentaire* rationnel du malt en voie de développement se fait remarquer d'une manière suffisamment évidente sur ces deux échantillons : au bout de huit jours de traitement sur l'aire du germoir, l'échantillon 5 n'avait plus que la très faible teneur en eau de 36,7 p. 100, ce qui indique que lors du mouillage, l'eau a été donnée avec beaucoup de précaution et l'opération conduite d'une manière presque irréprochable. Un mouillage complémentaire le huitième ou le neuvième jour n'en aurait été que plus convenable, pour influencer favorablement le développement du malt, et avec cela sa force diastasique. Cette faute a été évitée pour l'échantillon 6, et nous voyons encore dans ce cas se produire, bien que peu importante, une amélioration dans le chiffre de saccharification. Ces deux échantillons, auxquels je pourrais facilement ajouter un grand nombre de cas analogues empruntés à ma pratique, montrent d'une manière évidente qu'en distillerie il n'y a aucun avantage à employer des orges lourdes. Cela est démontré par l'échantillon 7, pour la préparation duquel on s'est servi d'une orge légère et avec cela sentant le renfermé et présentant de nombreuses pointes noires. En traitant dans une machine à laver l'orge cette matière première certainement peu

favorable, il a été possible de travailler le malt pendant treize jours sur l'aire du germoir à basse température, de le faire développer normalement, sans qu'il ne se soit produit des moisissures.

L'échantillon 8 démontre l'exactitude de l'axiome : mauvaise orge — mauvais malt. D'une orge avec un pouvoir germinatif de 51 p. 100 on ne peut pas attendre un meilleur résultat que celui qui est exprimé par les mauvais chiffres de fluidification et de saccharification.

Il arrive encore fréquemment que, par suite de la trop petite surface de l'aire du germoir, la température dans les tas de malt dépasse de beaucoup le maximum permis de 17°,50 à 20° ; cette défectuosité dans le travail est chèrement payée, car, comme on le voit, le pouvoir fluidifiant et le pouvoir saccharifiant du malt obtenu sont tout à fait mauvais.

Si maintenant on nous demande quelles indications nous donnent les analyses de malt consignées dans le tableau pour obtenir un malt aussi riche que possible en diastase, nous répondrons : Prenez une orge légère ou moyennement légère, plutôt qu'une orge lourde. Une orge très lourde peut souvent, il est vrai, fournir un malt aussi riche en diastase qu'une orge moyennement légère ou légère ; seulement le prix moins élevé du grain léger est bien suffisant pour recommander l'emploi de ce dernier. Une orge avec un pouvoir germinatif plus petit que 90 à 95 p. 100 doit être rejetée. Une orge sale, poussiéreuse, sentant le renfermé, peut bien encore généralement, après lavage et désinfection dans un tambour laveur, être employée, et même donner un malt de très bonne qualité. Le degré de développement de la radicule et du germe foliacé n'est pas par lui-même suffisant pour apprécier le malt au point de vue de son pouvoir saccharifiant, si on ne tient pas compte des températures qui ont régné dans le tas de malt. Ces dernières n'ayant pas, en général, dépassé 17°,50, le malt peut être considéré comme mûr, si les radicelles atteignent deux fois à deux fois et demie la longueur du grain et si le germe foliacé est à peu près égal à une fois et demie cette longueur. On a alors généralement la certitude que cette période du développement des germes radiculaire et foliacé coïncide avec le

maximum de la force diastasique. Cependant, des déviations de cette normale sont assez fréquentes.

Mais si, lors de l'appréciation de la valeur d'un malt, on ne se laisse guider que par un degré de développement, sans tenir compte de la température dans les tas pendant le traitement sur l'aire du germoir, on arrivera fréquemment à une conclusion fausse. C'est ce que démontre l'analyse suivante d'un malt développé à haute température, dont les radicules avaient trois fois la longueur du grain, le germe foliacé offrant également un développement extraordinairement grand. Malgré cela, les chiffres de fluidification et de saccharification ne s'élevaient respectivement qu'à 3,6 et 5,0 cm^3, tandis que le même malt, s'il avait été traité à une température normale plus basse, aurait dû avoir une force diastasique meilleure, en rapport avec son grand développement.

4° Aux indications précédentes, qui certainement ne démentent pas l'exactitude de l'axiome : *le malt est l'âme de la distillerie*, nous devons ajouter celles qui sont relatives à la *saccharification* et aux fautes que dans cette opération on commet assez fréquemment, et par suite desquelles l'action du malt devient insuffisante.

Dans les pages 134 à 156, nous avons décrit la préparation du moût telle qu'elle est effectuée dans la pratique, en insistant spécialement sur les températures à obtenir, en outre dans ce onzième chapitre se trouvent les méthodes d'analyse des moûts sucrés et deux exemples d'analyses de ces moûts. Pour compléter ce qui a été dit dans ces deux endroits, je vais encore donner ici les indications suivantes.

L'observation de la température de saccharification la plus favorable lors de la préparation du moût et de la chaleur convenable dans le moût à la fin de l'évacuation du cuiseur à haute pression suppose que le thermomètre dont on se sert donne des indications exactes. Durant ma pratique de plus de quinze années, j'ai observé de nombreux cas dans lesquels les températures indiquées par le thermomètre employé étaient trop hautes ou trop basses, non pas seulement de 1 ou 2, mais de 6 à 10° et dans les deux cas la saccharification ne réussissait pas. Un contrôle fréquent du thermomètre fixe avec un instrument normal n'est donc

pas du tout inutile ; en tout cas, on devrait toujours effectuer ce contrôle lorsqu'il s'agit de la vérification du processus de la saccharification.

L'énorme importance pour la composition du moût sucré de l'observation des températures convenables dans l'opération de l'empâtage et de la durée de la saccharification, en un mot de l'acte tout entier de la préparation du moût sucré sera démontrée par une série d'analyses de moûts préparés avec différentes espèces de pommes de terre de composition normale ou anormale. Ces analyses sont groupées dans les deux tableaux suivants (p. 548 et 549).

Les moûts sucrés 1 et 2 ont été préparés tout à fait suivant les règles : Ils offrent peu d'acidité ; ils ont une teneur élevée en maltose par rapport à une faible teneur en dextrines, il y a dans les deux cas 7 parties de maltose pour 1 partie de dextrines. Il faut surtout remarquer que l'on a employé pour ces moûts des espèces de pommes de terre *nouvellement cultivées*. La préparation des moûts avec les espèces anciennes, qui ne sont plus guère cultivées, est loin de donner des résultats aussi favorables, c'est-à-dire que, dans les moûts obtenus avec ces espèces, il se forme toujours proportionnellement peu de dextrines, comme le montre, par exemple, le moût n° 7, préparé avec des pommes de terre Daber.

Dans les échantillons 3 et 4, l'action favorable de l'arrêt de la saccharification après l'évacuation complète du cuiseur sur la formation du sucre est évidente. Le rapport de la maltose aux dextrines est passé pendant une durée de saccharification de trente minutes de 8,2 : 1 à 13,8 : 1. Pour ces deux échantillons, on avait aussi employé une espèce nouvelle (la *Semperirens*), dans le temps (1893) où ces moûts ont été préparés.

Les échantillons 5 et 6 se distinguent par la manière différente dont le malt de saccharification a été ajouté, et le n° 5 semble un peu meilleur par suite de l'addition en une seule fois de toute la dose de malt au début de la vidange. L'addition du malt en trois portions a été un peu moins favorable au processus de la saccharification. — Les deux expériences ont été effectuées aussi exactement et uniformément que cela est généralement possible sur

[1] La semence provenait de la station pour la culture de la pomme de terre dirigée par G. Harrich, à Irl, près Regensburg (Haut-Palatinat).

une grande échelle dans une distillerie. Je ferai encore remarquer combien est ici défavorable le rapport de la maltose aux dextrines, comparé à celui des échantillons 1 à 4 ; précisément, il ne s'agissait pas, pour les nos 5 et 6, de pommes de terre nouvellement cultivées, mais d'anciennes espèces cultivées depuis un grand nombre d'années. Je dois du reste faire remarquer ici que, pour toutes ces expériences, qui ont été effectuées dans la pratique sur une grande échelle, les conditions ont été choisies de façon qu'une comparaison directe des résultats entre eux puisse avoir lieu.

L'échantillon 7 est celui d'un moût de Daber extrêmement concentré ; l'expérience a été effectuée en novembre 1893. Bien que la préparation du moût ait eu lieu très correctement, la saccharification ne s'est cependant pas passée d'une manière favorable : il n'y a que 3 parties de maltose pour 1 partie de dextrine. Le moût mis en levain avec de la levure pure, race II, s'est arrêté à une fermentation apparente de 3°,0 Balling et il ne contenait que 12,7 p. 100 d'alcool en volume.

Il est pour moi absolument certain que le travail de pommes de terre cultivées depuis longtemps, bien que l'empâtage et la saccharification soient conduits aussi rationnellement qu'on puisse le désirer, donne *en général* un résultat moins favorable que celui que l'on obtient presque toujours en travaillant de nouvelles espèces. Cela est pour l'agronome et le distillateur une nouvelle preuve de l'*importance qu'il y a dans la culture de la pomme de terre à changer ses semences et à choisir judicieusement les espèces qui méritent d'être cultivées.*

Les échantillons 8 et 9 montrent très nettement combien des températures trop élevées agissent défavorablement sur la saccharification : la formation de la maltose dans le n° 8 est déjà restée bien en arrière et pour le n° 9 elle se montre tout à fait défavorable. L'essai à l'aide de la solution d'iode démontre aussi la conduite défectueuse de la préparation de ces moûts. La couleur tout à fait jaune pâle de l'échantillon du moût n° 9 caractérise aussi le travail d'une distillerie de fousel (ancien procédé de cuisson sans pression).

L'expérience n° 10 est intéressante en tant que la pomme de terre oignon jaune rougeâtre, qui est au nombre des anciennes espèces

cultivées depuis des années, a donné un moût avec un rapport de maltose : dextrines très favorables, et cela parce que, à l'aide d'une machine à trier, on a choisi les tubercules de moyenne grosseur, bien formés et qu'on les a travaillés séparément. Au point de vue de l'utilisation aussi complète que possible de la capacité de cuve, qui en Allemagne est soumise à l'impôt, une pareille pratique est certainement tout à fait convenable.

Pour ce qui est de l'échantillon n° 11, l'action des ferments saccharigènes des bactéries a dû se faire sentir sur les pommes de terre pourries ou gelées ; autrement, il serait difficile d'expliquer comment une matière première tout à fait mauvaise aurait pu donner un résultat aussi favorable.

En ce qui concerne la couleur des moûts sucrés filtrés, celle-ci est d'autant plus jaune foncé ou brune que la pression dans le cuiseur a été plus haute. L'opinion, très répandue parmi les distillateurs, qu'une cuisson intense des pommes de terre est préférable, n'est pas admissible. Si nous admettons que le saccharomètre dans un moût très foncé, par conséquent très cuit, puisse donner des indications un peu plus fortes, ce gain en sucre n'est cependant qu'apparent. En tout cas, il est certain que la fermentation sera d'autant plus difficile que l'on aura cuit plus fortement.

De même que la couleur, la saveur des moûts sucrés permet aussi de juger si la pression lors de la cuisson a été plus élevée que cela ne convient : dès que le goût sucré du moût filtré est remplacé par une saveur légèrement amère ou même empyreumatique, on a travaillé à une pression trop haute ou, ce qui est la même chose, à une température trop élevée. Cependant, cela arrive dans le travail des pommes de terre beaucoup plus rarement que dans celui du maïs. Car, lors de la cuisson des pommes de terre saines, la pression s'élève à 3 tout au plus à 3 1/2 atmosphères et elle n'est pas maintenue à ce degré pendant plus de quinze à vingt minutes, tandis que le maïs reste sous une pression de 3,5 à 4 atmosphères pendant une heure et demie à deux heures.

Le tableau de la page 551 donne une image de la composition de moûts sucrés de céréales. A l'exception du n° 3, tous les moûts ont

Composition de moûts sucrés de pommes de terre.

	1	2	3	4	5	6
	BON TRAVAIL		Échantillon prélevé après l'évacuation complète du cuiseur.	Même échantillon après saccharification de 30 minutes.	Malt ajouté en une seule fois.	Malt ajouté en trois fois.
	Pommes de terre moyennes.	Pommes de terre très bonnes.				
Saccharomètre	22	25,85	24,60	24,62	25.50	24,08
Acide	0,35	0,40	0,55	0,55	0,45	0,40
Maltose	15,68	18,64	18,47	19,56	16,39	15,75
Dextrines	2,23	2,63	2,25	1,41	4,99	5,13
Maltose + dextrines	17,91	21,27	20,72	20,97	21,38	20,88
Maltose : dextrines	7 : 1	7,08 : 1	8,2 : 1	13,8 : 1	3,28 : 1	3,07 : 1
Matières non fermentescibles	4,09	4,58	3,88	3,66	4,12	3,92
Quotient de M + D	81,40	82,30	84,20	85,17	83,84	86,71
Diastase	bonne.	bonne.	bonne.	bonne.	bonne.	bonne.
Saccharification	normale.	normale.	réaction de la dextrine.	normale.	normale.	normale.
Désagrégation	»	»	normale.	»	»	»
Couleur	»	»	»	»	»	»
Microscope	image pure.	image pure.	image pure.	image pure.	image pure.	image pure.
Remarques :	Espèce nouvellement cultivée.	Espèce nouvelle.	Espèce sempervirens, avec 18,6 p. 100 d'amidon. Durée de la cuisson, 1 h. 1/4; pression maxima 3 atmosphères. Empâtage à 62°,50; malt ajouté en trois portions.		Dans les deux expériences, on a employé une ancienne espèce de pomme de terre cultivée depuis 10 ans, mais de nom inconnu.	

Composition de moûts sucrés de pommes de terre.

	7	8	9	10	11
	Pommes de terre Daber, espèce ancienne qui n'est plus cultivée, malgré cela, bon travail.	Températures d'empâtage trop élevées (60° à 62°,50).		Choix de tubercules de moyenne grosseur bien développés.	Petits tubercules pourris ou gelés.
Saccharomètre	28,30	26,30	17,60	27,30	25,40
Acide	0,40	0,40	0,35	0,40	0,60
Maltose	18,41	16,25	9,13	20,28	19,88
Dextrines	5,84	6,44	5,59	2,75	1,56
Maltose + dextrines	24,25	22,69	14,72	23,03	21,43
Maltose : dextrines	3,15 : 1	2,54 : 1	1,6 : 1	7,38 : 1	12,7 : 1
Substances non fermentescibles	4,05	3,61	2,88	4,27	3,97
Quotient de M + D	85,69	86,27	83,63	84,36	84,33
Diastase	bonne.	faible.	faible.	normale.	bonne.
Saccharification	normale.	réaction de la dextrine.	réaction de l'amidon.	»	normale.
Désagrégation	»	bonne.	—	»	»
Couleur	»	normale.	très claire.	»	brun foncé.
Microscope	image pure.	—	—	—	—
Remarques :	Pommes de terre Daber, petites, mais saines. Préparation du moût régulièrement conduite. Le moût avait fermenté à 3,0 et contenait 12,70 p. 100 d'alcool.	Pommes de terre Simson. La fermentation du moût s'est arrêtée à 4°,7.	Travail d'une petite distillerie avec outillage primitif.	Moût de pommes de terre oignons jaune rougeâtre. Préparation du moût très régulièrement conduite. Saccharification de 30 minutes.	Nouvelle espèce : sempervirens. Action des ferments saccharigènes des bactéries.

été préparés avec des matières non moulues et dans des cuiseurs à haute pression. L'analyse n° 3 est celle d'un moût d'une distillerie de grains de l'Allemagne du Nord.

Contrairement à ce qui a lieu pour les tableaux relatifs à la composition de moûts de pommes de terre, les moûts de céréales mentionnés ici résultent tous d'un bon travail dans la distillerie.

Nous devons faire remarquer en particulier la concentration généralement peu élevée des moûts de seigle et de maïs préparés dans l'Allemagne du Sud. Cependant l'analyse n° 4 montre qu'en traitant un seigle lourd, plein, on peut aussi obtenir des moûts plus concentrés, qui permettront plutôt de travailler sous le régime de l'impôt de la capacité de cuve en vigueur en Allemagne et auquel ne se prêtent pas les matières premières des moûts 1,2, 3 et 5.

Le dari employé pour le moût n° 6 était de qualité défectueuse ; les moûts de dari avec 22 et 23 p. 100 de concentration ne sont pas une rareté.

Les moûts 7 et 8 ont été tous les deux obtenus avec une bonne matière, mais préparés avec une concentration différente. Les moûts de maïs avec une concentration supérieure à 24 p. 100 sont très rares.

Le rapport entre la maltose et les dextrines des moûts sucrés est très intéressant ; le rapport le plus favorable pour nous est offert par l'analyse n° 1, d'après laquelle il s'était formé dans le moût presque cinq fois plus de maltose que de dextrines. Dans le tableau relatif aux moûts de pommes de terre, le rapport le plus favorable était au contraire 13 et même 14 : 1. Comme on le voit, les *céréales cuites en grains entiers* se désagrègent beaucoup plus difficilement que les pommes de terre, dont la fécule est en général plus facilement attaquée et transformée en sucre. Mais le maïs se comporte autrement *si on le cuit à l'état broyé ou moulu* ; dans ces conditions, j'ai observé dans la pratique plusieurs cas dans lesquels le rapport maltose-dextrines était égal à 12 : 1.

La cuisson et le démêlage de l'échantillon 5 (orge) n'ont pas été favorables ; lorsque le rapport tombe au-dessous des chiffres 4 : 1, il a été commis une faute quelque part.

Il arrive parfois, lors de la préparation du moût, que, surtout au début de la vidange, on donne trop d'eau de réfrigération, ce qui

Composition de moûts sucrés de céréales.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Moûts de seigle de distilleries agricoles de l'Allemagne du Sud.		Moûts de seigle de distilleries de grains de l'Allemagne du Nord.		Moût d'orge.	Moût de dari.	Moûts de maïs.	
Saccharomètre	18,60	20,30	20	23	19,10	17,20	24	18,80
Acide	0,50	0,60	0,55	0,50	0,50	0,35	0,30	0,40
Maltose	13,17	14,59	13,55	15,10	12,43	11,87	17,26	13,61
Dextrines	2,68	3,49	3,81	3,39	4,20	2,62	4,07	3,68
Maltose + dextrines	15,85	18,08	17,36	18,49	16,63	14,49	21,33	17,29
Maltose : dextrines	4,91 : 1	4,18 : 1	0,55 : 1	4,45 : 1	2,96 : 1	4,5 : 1	4,24 : 1	3,7 : 1
Substances non fermentescibles	2,75	2,22	2,64	2,51	2,47	2,71	2,67	1,51
Quotient de M + D	85,21	89,06	86,80	80,40	87,07	84,25	89	91,96
Désagrégation	pas complètement normale.	normale.	Désagrégation et saccharification défectueuses.	normale.	défectueuse	bonne.	bonne.	bonne.
Remarques :	Haute pression. Grains entiers. Seigle léger, d'ailleurs inserviable. Le moût est épais et visqueux.	Haute pression. Grains entiers. Seigle léger, poussé. Le moût est visqueux.	Egrugé. Sans haute pression. Le seigle contenait : 16 p. 100 d'eau, 63,5 p. 100 d'amidon, 11,5 p. 100 de protéïne brute.	Haute pression. Grains entiers. Seigle épais, lourd.	Haute pression. Grains entiers. L'orge était légère, mais invendable.	Dari de mauvaise qualité; très sale.	Maïs de bonne qualité, sec. Cuits en grains entiers.	Bon maïs, mais traité pour moût clair.

peut occasionner une abondante séparation d'empois. C'est ce qu'on observe notamment dans les cuves-matière avec poches réfrigérantes horizontales et lorsque l'action de l'appareil mélangeur est insuffisante. Il se dépose alors sur les poches et même aussi sur les parois de la cuve une épaisse couche d'empois, qui entrave l'action réfrigérante et conduit en outre à une saccharification défectueuse. On évite cet inconvénient, en donnant moins d'eau de réfrigération et ralentissant convenablement la vidange du cuiseur.

Si le refroidissement du moût dure plus d'une heure ou une heure et demie, on s'expose au danger d'une acidification inopportune et d'une saturation trop forte du moût par de l'air. Ce dernier inconvénient conduit fréquemment à une fermentation fortement mousseuse et par suite à des pertes par débordement du moût. On est à l'abri des deux inconvénients, qui viennent d'être signalés, en nettoyant de temps en temps et traitant par la vapeur les appareils réfrigérants.

2. Des défectuosités les plus fréquentes dans la préparation de la levure artificielle.

Une défectuosité dans la préparation de la levure artificielle peut, tout aussi fréquemment qu'un malt défectueux, être la cause de perturbations dans le travail.

Si l'on contrôle exactement la préparation de la levure artificielle à l'aide du thermomètre, du saccharomètre et de l'acidimètre, un échauffement insuffisant ou une mauvaise fermentation de la levure indiqueront immédiatement qu'il s'est produit quelque pertubation, et on pourra alors en rechercher la cause. Mais si l'on omet ce contrôle continuel, on ne s'apercevra que lors de la fermentation du moût et de la détermination de son degré de fermentation de la perturbation existant déjà depuis plusieurs jours.

En tout cas, il faut que l'atelier des levains soit uniformément tempéré, pour que l'on puisse non seulement observer l'échauffement et la fermentation, mais encore juger si ces phénomènes se passent normalement ou anormalement. Un local particulier pour la levure, disposé de façon à pouvoir être chauffé, a du reste pour

l'acidification, comme en général pour la réussite de la préparation de la levure, d'autant plus de valeur, que tout distillateur a le plus grand intérêt à établir dans son usine un pareil local.

Le plus souvent, les températures d'acidification sont trop hautes ou trop basses. Dans le premier cas, il se forme une quantité insuffisante d'acide, dans le second l'acidification n'est pas pure.

Pour maintenir pendant dix-huit à vingt-deux heures à une température entre 50 et 56° le moût-levain, qui est préparé aussi concentré que possible à 62°,50-65° avec peu de malt et beaucoup de moût dépelé dans une cuve en bois très épais, il sera nécessaire de brasser de temps en temps à l'aide du fourquet à vapeur. On obtient aussi un bon résultat en enveloppant les vases à levure avec une natte en paille. Mais en toutes circonstances on arrive au but désiré en plaçant le vase contenant la levure en voie d'acidification dans une cuve en bois suffisamment grande et remplissant celle-ci avec de l'eau chaude, à 69° environ.

Quel que soit le procédé employé, il est absolument certain que la préparation de la levure artificielle ne peut conduire à un bon résultat que si l'acidification ne s'est pas produite à une température inférieure à 50°.

Il ne faut jamais négliger, une fois l'acidification achevée, de réchauffer le moût-levain acide à 75-81° et de le maintenir pendant une demi-heure à cette température, pour ensuite le refroidir. Les appareils mécaniques de réfrigération sont absolument nécessaires et doivent être installés dans toute distillerie travaillant à la vapeur.

J'ai entendu beaucoup de distillateurs se plaindre de la faible quantité d'acide formée dans la levure ; mais cela n'est pas étonnant, si aussitôt après la saccharification on chauffe le moût-levain à 75-81°. En tout cas, on purifie ainsi le moût-levain des bactéries, mais avec les champignons nuisibles on tue aussi le ferment lactique qui est indispensable, de sorte qu'il ne peut plus être question d'une multiplication de ce dernier et d'un accroissement d'acidité. On obtient un résultat tout différent et bien meilleur en préparant le moût-levain à 62°,50, le laissant se saccharifier pendant deux heures et le réchauffant ensuite à 70°, mais pour le ramener ensuite, au bout de quinze minutes seulement, à 62°,50. C'est

maintenant le moment convenable pour l'addition du moût acidifié, s'il doit être produit une suracidification.

A ce sujet, je dois faire remarquer que le moût-levain acide à employer pour la suracidification doit être prélevé dès que son acidification est terminée, *avant* que le moût-levain acide se soit échauffé à 75-81°. Autrement, on détruit par la haute température les bâtonnets du ferment lactique, et la suracidification ne peut plus contribuer à l'accroissement désiré de l'acidification.

Le moût de maïs très cuit, par conséquent brun foncé, employé pour la préparation du moût-levain, donne une acidification suffisante.

Du reste, dans la préparation de la levure artificielle, on ne peut pas avoir grand'chose à craindre, si l'on a pris la précaution nécessaire pour produire une acidification aussi forte que possible et la stérilisation qui s'y rattache. Il faut aussi faire en sorte que la levure subisse une fermentation énergique, que l'on obtient en effectuant la mise en levain au moment et à la température convenables ; on doit en outre, dans la préparation de la levure, éviter les points critiques, comme cela a été expliqué dans le Chapitre IV avec tous les détails nécessaires.

La manière la plus rapide et la moins contenue de revenir à un bon travail, dans tous les cas où la levure a perdu son activité, c'est d'avoir recours immédiatement à une nouvelle levure, et cela en se procurant de la levure pure, race II, ou une autre levure fabriquée spécialement pour la distillerie et dont la bonne qualité est reconnue, comme, par exemple, celle de l'Institut La Claire (voy. p. 274).

La levure, race II, exige un malt pur, de bonne qualité et une haute température dans le moût-levain et dans le moût en terminant l'évacuation du cuiseur. Ces conditions fondamentales doivent être remplies, si l'on veut recueillir intégralement l'avantage que peut offrir l'emploi d'une levure pure. On n'obtiendra donc par l'emploi de cette dernière des résultats constamment bons que dans les cas où le danger d'infection, spécialement par le malt, n'est pas grand. En outre, l'expérience m'a appris que lorsqu'il s'est produit une infection, la fermentation avec emploi de levure pure s'arrête

plus rapidement, tout le travail devient plus rapidement mauvais que cela n'a lieu avec de la levure ordinaire.

Du reste, le succès de la préparation de la levure artificielle sera d'autant plus certain que le directeur de la distillerie observera dans son travail une ponctualité, une régularité et une propreté plus grandes. Dans l'application de ces qualités, réside tout le secret de la préparation d'une levure uniformément bonne.

3. Des défectuosités dans la conduite de la fermentation.

Il est de la plus grande importance d'observer la marche de la fermentation des moûts, de s'assurer, d'abord à l'aide de la vue, ensuite par contrôle avec le thermomètre, le saccharomètre et l'acidimètre, si dans chacune des trois périodes de la fermentation la levure travaille comme cela doit être.

Il faut surtout diriger son attention sur la fermentation complémentaire et observer si dans cette dernière période la levure est encore très active, ou si la fermentation est déjà à peu près arrêtée.

Tandis qu'une fermentation préliminaire et une fermentation principale énergiques se déclareront toujours si dans un moût normalement préparé on n'ensemence qu'une levure à moitié bonne, une bonne fermentation complémentaire n'est pas toujours aussi facile à obtenir.

Les trois fautes suivantes, que l'on observe fréquemment dans la pratique, nuisent à une bonne fermentation complémentaire et ne permettent pas aux moûts d'atteindre une fermentation satisfaisante :

1° Une fermentation préliminaire trop courte occasionnée par une mise en levain du moût à une trop haute température ou par la mise en activité tardive du réfrigérant de la cuve ;

2° Un refroidissement trop intense du moût pendant la fermentation principale ;

3° De trop hautes températures pendant la fermentation principale.

Pour ce qui concerne le premier point, il ne faut jamais négliger, soit en mettant en levain à basse température, soit en se ser-

vant du réfrigérant immédiatement après l'addition de la levure, de retenir le moût de façon que la fermentation préliminaire (la période de multiplication de la levure) dure environ dix-huit heures et que le moût n'entre qu'après ce temps dans la fermentation principale. Si l'on abrège la fermentation préliminaire, il arrive souvent que la fermentation principale se déclare prématurément et est généralement très tumultueuse, mais pour s'arrêter aussi prématurément. A mesure que la levure s'affaiblit, les champignons ennemis de la fermentation s'accroissent, l'acidité du moût augmente vivement, de sorte que l'action complémentaire de la diastase et par suite une bonne fermentation deviennent impossibles. Dans un cas pareil, le moût reste comme mort dans la cuve pendant les dernières vingt-quatre ou trente heures, sa température baisse, seule l'acidité continue à augmenter. La surface du moût prend une couleur sale, on voit apparaître des mouches du vinaigre, dont le nombre s'accroît de plus en plus. Si cela était permis, le mieux serait de distiller immédiatement un pareil moût avec fermentation complémentaire avortée.

En refroidissant trop fortement le moût entré dans la fermentation principale, on nuit beaucoup à la levure et on rend une bonne fermentation impossible. Si, par suite d'une faute quelconque, une cuve s'était échauffée pendant la fermentation principale au-dessus de 30°, peut-être même à 32°,50, ce serait une autre faute de le refroidir en un petit nombre d'heures de 4 à 5°, en faisant circuler l'eau rapidement dans le réfrigérant. Il vaut mieux régler le réfrigérant de façon que la température du moût ne monte plus, mais s'abaisse très lentement.

Nous avons déjà dit précédemment que les températures de fermentation supérieures à 30° ne peuvent être que nuisibles. Des températures aussi hautes ne donnent pas seulement lieu à une forte évaporation d'alcool, elles favorisent aussi beaucoup l'acidification, et une fois qu'il s'est produit un fort accroissement de l'acidité, il ne peut plus être question d'une action complémentaire efficace de l'énergie diastasique sur les dextrines et leur transformation en maltose. Si cependant dans un cas pareil on s'en tire encore avec une fermentation moyennement bonne, on le devra en toutes circonstances à une bonne préparation du moût et à une longue

durée de la fermentation, en d'autres termes, à ce que le moût sucré contenait beaucoup de maltose et peu de dextrines.

Les analyses de moûts sucrés que j'ai réunies dans le tableau suivant (p. 558) parlent déjà d'elles-mêmes avec une clarté suffisante pour que je puisse me contenter de n'y ajouter que quelques explications.

Si l'on compare les bonnes fermentations de moûts de pommes de terre avec celles de moûts de maïs, on voit que les hydrates de carbone (maltose et dextrines) sont arrivés en moyenne dans les moûts de pommes de terre à une fermentation plus complète que dans les moûts de maïs.

Tandis que les moûts 1 et 2 proviennent d'un très bon travail, des fautes ont été commises lors de la préparation des moûts 3 à 6. Les remarques ajoutées pour chaque analyse font connaître la nature de ces fautes. Dans les cas où la levure est devenue mauvaise, on le reconnaît au rapport de la maltose aux dextrines, celle-là et celles-ci étant alors représentées par des chiffres égaux ou même la quantité p. 100 de maltose non fermentée étant plus grande que celle des dextrines non fermentées, comme c'est le cas pour le n° 4, dans lequel le rapport M : D = 1 : 0,65.

Le cas inverse se présente pour l'échantillon n° 5 ; ici l'action de la diastase s'est arrêtée; par suite de cela, il est resté non fermenté 1,35 p. 100 de dextrines, tandis que la maltose a fermenté jusqu'à 0,65 p. 100.

L'analyse n° 7 porte la désignation : « prise d'échantillon défectueuse ». Cela veut dire : L'échantillon prélevé pour l'analyse a été pris près de la surface du moût, sans que celui-ci ait été préalablement agité. Tandis que l'analyse donna une teneur en alcool de 13,8 p. 100 en volumes, le rendement à la distillation ne s'éleva qu'à 12,2, p. 100 en volume.

(Je dois faire remarquer ici qu'en Allemagne un brassage des cuves de fermentation en vue de la prise d'échantillons est défendu par la loi relative à l'impôt sur l'alcool et qu'aucun des agents préposés à la perception de l'impôt n'est autorisé à en accorder la permission.)

Relativement aux moûts de maïs, il est à remarquer que les échantillons 8 à 11 proviennent les uns d'un bon travail, les

Analyses de moûts fermentés.

	MOUTS DE POMMES DE TERRE							MOUTS DE MAÏS				
	TRÈS BON TRAVAIL		TRAVAIL DÉFECTUEUX				Prise d'échantillon mauvaise.	BON TRAVAIL				Mauvais travail.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fermentation apparente . .	0.5 Balling	0,6	1,50	2,15	2,50	3,10	0,20	0,15	—0,30	0,40	—0,30	2,60
Fermentation réelle	3,68B.	4,13	5,09	5,96	5,26	5,76	4,80	3,98	3.87	4,71	2,75	5,25
Alcool dans le moût filtré, en volume p. 100	9,45	10,60	11,50	11,60	8,10	7,30	13,80	11,45	12,90	13,40	9	10,70
Acide	0,65	1,70	0,70	1	1,40	1,55	0,50	0,70	0,50	0,60	0,60	1
Maltose p. 100.	0,27	0,335	1,02	1,59	0,65	1,16	0,62	0,87	0,872	0,89	0,395	2.05
Dextrines p. 100.	0,51	0,591	1,12	1,04	1,35	1,47	0,75	1,03	0,685	0,93	0,879	1,77
Maltose + dextrines p. 100.	0,78	0,926	2,14	2,63	2	2,63	1,37	1,90	1,557	1,82	1,274	3,82
Maltose : dextrines	1 : 1,88	1 : 1,76	1 : 1,09	1 : 0,65	1 : 2,07	1 : 1.27	1 : 1,21	1 : 1,18	1 : 0,78	1 : 1	1 : 1	1 : 0,86
Substances non fermentescibles p. 100	2,90	3,204	2,85	3,33	3,26	3,13	3,43	2,08	2,313	2,89	1,47	1.43
Chiffre de saccharification.	bon.	insuffisante.	insuffisante.	insuffisante.	mauvaise.	mauvaise.	bonne.	assez bonne.	bonne.	assez bonne.	défectueuse.	mauvaise.
Désagrégation.	normale.	bonne.	bonne.	bonne.	bonne.	assez bonne	»	normale.	normale.	normale.	bonne.	défectueuse.
Saccharification	pas tout à fait normale.	incomplète.	»	»	incomplète.	défectueuse	»	»	»	»	»	»
Image microscopique . . .	pure.	beaucoup de bactéries.	—	mauvaise.	mauvaise, beaucoup de bactéries.	mauvaise.	pure.	bonne, assez pure	absolument pure	grande pureté.	très pure.	beaucoup de bactéries.
Remarques :	Bonne matière.	Les pommes de terre étaient toutes très pourries.	*Cellules de levure presque toutes mortes.* Bactéries assez nombreuses.	*Levure totalement morte.*	*Diastase tout à fait inactive.*	Travail tout à fait mauvais. *Préparation de la levure et du malt et fermentation mal conduites.*	*Avant le prélèvement de l'échantillon le moût n'avait été qu'insuffisamment agité.* Le rendement de la cuve ne s'élevait qu'à 12,20p.100	Diastase défectueuse et par suite aussi fermentation des dextrines défectueuse. Autrement *bon travail avec levure pressée ordinaire.*	*Levure à l'acide fluorhydrique.*	*Levure au fluorure d'aluminium.* Moût très épais.	*Levure pure, race II et acide lactique de culture pure.* Moût clair.	*Levure totalement morte.*

autres d'un travail excellent. L'utilisation de la matière première, c'est-à-dire la fermentation de la maltose et des dextrines n'est pas tout à fait aussi parfaite qu'avec les moûts de pommes de terre. Pour le moût n° 10, il peut même être question d'une légère dissipation de matière première ; un moût un peu moins concentré aurait sans doute offert avec une meilleure fermentation la même teneur en alcool. Je ferai remarquer tout particulièrement que les échantillons 8, 9 et 10 ont fermenté le premier avec de la levure pressée ordinaire, le second avec de la levure à l'acide fluorhydrique, le troisième avec de la levure au fluorure d'ammonium préparée d'après mes indications, tandis que pour l'échantillon 11, on s'est servi de levure pure race II de Berlin et de ferment lactique de culture pure.

Le n° 12 représente un moût de maïs mal fermenté. Le saut du degré de fermentation moyen des quatre moûts n^{os} 8 à 11 de 0,0 environ à une fermentation de 2,6 Balling est énorme ; il est évident que dans la pratique on rencontre aussi des fermentations qui représentent des termes moyens établissant la liaison entre le bon travail et le travail défectueux. Cela est aussi applicable aux moûts de pommes de terre, où des fermentations à 1, 1,2 et même 1,5 peuvent encore dans certaines circonstances être mises au nombre des bonnes, suivant la concentration des moûts et la teneur variable des pommes de terre en substances non fermentescibles. Citer des exemples pour toutes ces conditions nous entraînerait trop loin et n'épuiserait pas le sujet en présence de l'énorme diversité des cas pratiquement possibles.

Cependant je veux insister de nouveau sur l'utilité de l'essai des moûts fermentés, par la méthode d'Effront, au point de vue de leur pouvoir saccharifiant (diastase). Dans les cas de fermentation insuffisante ou seulement pas tout à fait satisfaisante, cet essai devrait toujours être pratiqué. Le résultat obtenu fait connaître d'une manière positive si la défectuosité se trouve dans la levure ou dans l'action du malt.

Je n'ai qu'assez rarement observé dans la pratique l'arrêt de la fermentation d'un moût sans que l'on ait constaté un manque de diastase, sans que l'acidité ait subi une augmentation, et malgré l'addition de nouvelle levure. *En pareils cas, il a dû se former pen-*

dant la fermentation des corps non volatils agissant comme poisons sur la levure. Leur production pourrait être attribuée à l'activité des bactéries.

Parmi les autres perturbations qui peuvent se produire dans le travail, je n'en mentionnerai que quelques-unes en indiquant les causes auxquelles elles doivent être attribuées. Ainsi, il serait convenable que toutes les distilleries qui travaillent d'après le procédé dit à l'acide fluorhydrique fassent déterminer fréquemment la teneur en acide fluorhydrique de l'acide acheté chez le pharmacien ou le détaillant, ou directement du fabricant. J'ai rencontré quelquefois dans ma pratique des produits ne contenant pas beaucoup plus de 30 p. 100 d'acide, qui avaient été achetés par les distilleries comme acides très concentrés, à 55 p. 100 environ, et avaient été ensuite étendus avec de l'eau, sans que l'on ait pu atteindre pleinement et complètement le but désiré de la désinfection.

En outre, l'acide fluorhydrique étendu avec des eaux très calcaires perd de son action, par suite de la formation et de la séparation de fluorure de calcium. Il faut faire attention à cela lors du dosage de la quantité d'acide à employer.

Les perturbations dans la saccharification et la fermentation des moûts peuvent quelquefois aussi être attribuées à la vapeur qui a servi dans le cuiseur pour la désagrégation des pommes de terre ou des grains, lorsque par exemple on a ajouté à l'eau d'alimentation une quantité exagérée de substances destinées à combattre les incrustations (soude) et que la vapeur a entraîné des particules de ces substances. Pour savoir si la perturbation constatée est due à cette cause, on suspend l'emploi de la substance désincrustante pendant quelques jours et l'on examine attentivement le degré de fermentation des moûts.

Nous nous en tiendrons à cette description des causes les plus fréquentes des perturbations dans le travail et du contrôle qui permet de les découvrir. Nous avons ainsi tracé par ces quelques exemples, pour tous ceux qui s'intéressent à la distillerie, comme propriétaires, inspecteurs ou directeurs de fabrication, la voie la plus convenable pour déterminer avec certitude, dans ces cas et dans des cas analogues, les causes des perturbations qui peuvent se produire.

B. — FABRICATION DE L'ALCOOL AVEC LES MATIÈRES SUCRÉES

I. — Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les betteraves[1].

Surveillance du jus. — Le jus que l'on envoie à la fermentation doit avoir une *température*, une *densité* et une *acidité* convenables, qu'il ne faut pas manquer de contrôler avec soin, si l'on veut travailler dans de bonnes conditions.

Le dispositif le plus commode pour prendre la *température* du jus consiste en un long thermomètre plongé à demeure dans une grande éprouvette en cuivre munie d'un trop-plein, se remplissant par le bas et intercalée sur le parcours du jus entre le bac collecteur et les cuves de fermentation. Cette éprouvette se remplissant par le bas, il ne se produira pas de mousse et le mouvement du jus étant continu, le thermomètre sera toujours en équilibre; on pourra donc toujours, à un moment donné, faire la lecture sans attendre, et si le thermomètre est assez grand, on pourra même lire de loin.

La *densité* pourrait aussi être constatée de la même manière, mais ordinairement on l'observe dans le bac collecteur. Elle constitue une indication précieuse de la marche de l'extraction du jus, puisqu'avec une même espèce de betterave, le même mode d'épuisement doit donner le même résultat. Mais elle n'indique pas d'une manière suffisamment précise la quantité de sucre introduite dans les cuves de fermentation. Il serait donc convenable de faire à chaque densité nouvelle un dosage du sucre, en employant la méthode par fermentation mentionnée page 38 (100 cm^3 de jus dilués à 200 cm^3), ou, ce qui est préférable, la méthode de Fehling (jus dilué au dixième) décrite page 37. En procédant ainsi, on connaîtra la quantité de sucre mise en fermentation et, par suite, le rendement probable en alcool.

La détermination de l'*acidité* du jus offre une très grande impor-

[1] D'après L. Lévy. *Comptes rendus du deuxième Congrès de chimie appliquée*, t. I, p. 565.

tance. On emploie pour cet essai une solution de soude titrée dont 1 litre neutralise exactement 20 gr. d'acide sulfurique monohydraté (H^2SO^3), de sorte que, par conséquent, chaque centimètre cube correspond à 0,02 gr. d'acide sulfurique.

Dans un gobelet de verre, on verse 100 cm^3 exactement mesurés du jus à essayer et, à l'aide d'une burette graduée en dixièmes de centimètres cubes, on y fait tomber goutte à goutte et en agitant, avec une baguette de verre, la solution titrée de soude, jusqu'à neutralisation complète. Pour reconaître qu'on est arrivé à ce point, on porte de temps en temps une goutte du contenu du gobelet sur un morceau de papier bleu de tournesol bien sensible et lorsque celui-ci prend une teinte violacée, l'essai est terminé. On lit alors sur la burette le nombre des centimètres cubes de liqueur alcaline qui ont été employés et, pour connaître l'acidité du jus essayé, on multiplie ce nombre par 0,02 et ensuite par 10 pour avoir l'acidité par litre. 100 cm^3 d'un jus de betterave (ou d'un moût de mélasse) devraient ordinairement exiger pour leur neutralisation 12,5 cm^3 de liqueur alcaline, ce qui donnerait par litre l'acidité convenable de 2,5 gr., car $12{,}5 \times 0{,}02 \times 10 = 2{,}5$.

Sidersky a indiqué récemment une méthode qui permet de déterminer simultanément l'*acidité minérale* et l'*acidité organique* des jus de betteraves. Cette détermination offre une certaine importance, parce qu'on a constaté que, pour qu'une fermentation soit *normale* (c'est-à-dire sans production des acides lactique et butyrique), il doit exister un certain rapport entre l'acidité minérale du jus et son acidité organique ; ce rapport à peu près constant a été déterminé par Sidersky : l'acidité minérale libre est environ deux fois plus grande que l'acidité due aux acides organiques mis en liberté (voy. aussi p. 207).

Pour évaluer séparément l'acidité minérale et organique, on peut, dit Sidersky[1], se servir de papier à filtrer imbibé d'une solution aqueuse au millième de rouge de Congo 4 R. Une goutte d'acide minéral dilué produit sur ce papier une tache bleu foncé, tandis que les acides organiques sont sans action sur cette matière colorante. En versant peu à peu une solution alcaline titrée dans un

[1] Le contrôle chimique de la distillerie agricole, *Journal de la distillerie française*, Année 1898, p. 492.

volume connu du jus à essayer et déposant de temps en temps une gouttelette du liquide sur le papier rouge préalablement humecté, on voit les taches produites devenir de plus en plus faibles, et il arrive un moment où la tache n'apparaît plus, tout l'acide sulfurique libre ayant été saturé.

Mais il existe une autre réaction bien plus sensible que celle qui vient d'être indiquée et qui est produite par la matière colorante de la betterave, laquelle, comme on le sait, s'oxyde au contact de l'air et se colore en rouge-brun. La présence de l'acide sulfurique empêche l'oxydation de cette matière, de sorte que le jus acidulé reste clair et limpide, avec une nuance variant du jaune pâle au rose. Lorsqu'on ajoute goutte à goutte une solution alcaline titrée dans un volume déterminé de jus, la couleur de ce dernier vire au brun foncé, que l'agitation fait disparaître tant que le liquide contient de l'acide sulfurique; mais dès que ce dernier est saturé, la coloration brun foncé persiste et en même temps le jus se trouble légèrement. Si l'on continue l'addition de la liqueur alcaline, le jus noircit et se trouble de plus en plus, jusqu'au point de la neutralité complète, facile à reconnaître au papier de tournesol. La première réaction indiquant l'acide sulfurique libre, la deuxième l'acidité totale, on obtient par différence l'acidité due aux acides organiques.

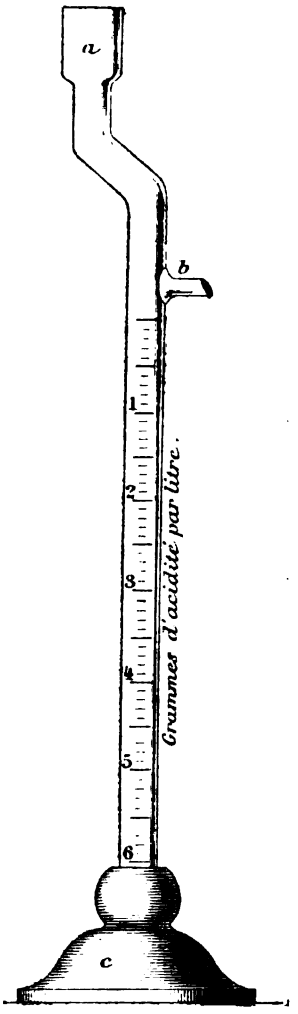


Fig. 156.
Burette de Sidersky.

Ce procédé fournira aux distillateurs des indications précieuses, car les mauvaises fermentations se manifestent par une acidité totale élevée avec une faible proportion d'acide minéral.

Pour faciliter et rendre plus rapides les opérations acidi-

métriques, on se sert généralement, dans les distilleries, de burettes sur lesquelles on peut lire directement l'acidité exprimée en grammes par litre, la liqueur alcaline employée pour le titrage étant préparée en conséquence. Parmi ces burettes, nous devons spécialement recommander celle qui est construite par Gallois et Dupont, sur les indications de Sidersky, et qui est représentée par la figure 156. C'est une burette à écoulement avec tube latéral *b*, comme la burette de Nugues, mais dont l'orifice supérieur *a*, vertical, est élargi en forme d'entonnoir, afin de rendre le remplissage plus facile. En outre, un pied *c*, en bois ou en métal, est fixé à la partie inférieure de la burette, de façon à en assurer sa stabilité.

Surveillance de l'épuisement des cossettes et de la pulpe. — Un bon travail ne doit laisser dans les cossettes ou dans la pulpe qu'une quantité de sucre très faible, mais variable avec le procédé d'extraction du jus. Dans la diffusion, l'épuisement est compris entre 0,10 et 0,25 p. 100, dans la macération il est entre 0,50 et 0,80 p. 100 et dans la méthode par râpage et expression de la pulpe, il se trouve entre 1,20 et 1,40 p. 100, par rapport au poids de la cossette ou de la pulpe.

Pour régler le travail, il convient de suivre : 1° les *épuisements* et 2° dans certains cas particuliers de vérifier l'*acidité* des cossettes. Pour faire ces essais, on prélève à chaque diffuseur ou à des intervalles réguliers à chaque presse une poignée de cossettes ou de pulpe. On recueille les échantillons dans une terrine, où l'on accumule les cossettes ou les pulpes qui correspondent aux betteraves employées pour le remplissage d'une ou de plusieurs cuves. (Lors de la mise se route, il est bon d'examiner séparément les cossettes de tous les diffuseurs.)

Le contenu de la terrine est malaxé, et c'est le mélange qui sert d'échantillon moyen.

Pour l'épuisement, on peut employer : 1° la *méthode d'extraction à l'eau chaude* ou 2° une *méthode indirecte*.

1° Suivant la première méthode, qui convient surtout pour les pulpes, mais qui peut aussi servir pour les cossettes, on pèse 20 gr. de pulpe, ou 100 gr. de cossettes de diffusion ou 40 gr. de cossettes de macération ; on les met dans un ballon de Pellet

de 200-210, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique et on verse de l'eau distillée de façon à amener le volume aux environs de 200 cm^3. On chauffe pendant vingt minutes au bain-marie, on complète le volume à 200 cm^3 et on laisse refroidir. Cela fait, on évalue le volume du marc. On admet que dans la pulpe de presse il y a 20 p. 100 de marc, soit pour les 20 gr., 4 gr. ou 4 cm^3, que dans la cossette de diffusion il y en a 5 p. 100, soit pour les 100 gr., 5 gr. ou 5 cm^3 et que dans celle de macération il s'en trouve 8 p. 100, soit pour les 40 gr., 3,2 gr. ou 3,2 cm^3. Quand le mélange est refroidi, on amène le volume à 205, 203 ou 204 cm^2, suivant le cas. On agite, on filtre et on dose le sucre par la méthode de Fehling, en procédant comme il a été dit pour les betteraves (p. 37).

On connaît ainsi la quantité de sucre contenue dans les 200 cm^2 de liqueur, par conséquent dans le poids de pulpe ou de cossettes qui a servi à la préparer et par suite, aussi, au moyen d'un calcul simple, dans 100 de pulpe ou de cossettes. Comme on admet que 100 de pulpe de presse correspondent à 222 kg. de betteraves et que 100 de cossettes de diffusion ou de macération correspondent à 111 kg., on peut par le calcul déterminer la quantité de sucre perdu pour le poids des betteraves travaillées. Ces chiffres de 222 et de 111 ne sont en réalité que des moyennes ; on peut rapidement en établir de plus exacts par la comparaison des poids des betteraves travaillées pendant un certain temps et des résidus produits dans le même temps.

2° D'après la méthode indirecte, surtout employée pour les cossettes, on prend 1 kg. de cossettes de diffusion ou 500 gr. de cossettes de macération, on les passe dans un hache-viande, puis on en exprime le jus. On prélève 100 cm^3 de ce dernier, qu'on intervertit par une ébullition de dix minutes avec quelques gouttes d'acide sulfurique, on défèque, on filtre et avec de l'eau distillée on amène le volume à 200 cm^3 ; on ajoute une pincée de carbonate de soude et on dose le sucre par la méthode de Fehling (voy. p. 37). La quantité S de sucre trouvée dans ces 200 cm^3 de liqueur, formée de 100 cm^3 de jus et de 100 cm^3 d'eau, représente la teneur en sucre de 100 cm^3 de jus. Si l'on admet que 100 cm^3 de cossettes de diffusion donnent 95 cm^3 de jus, on saura que

100 gr. de cossettes contiennent S $\times$ 0,95 de sucre ; pour la macération, on aurait S $\times$ 0,92.

La vérification de l'*acidité* n'est utile que pour constater certains accidents : une trop faible dose d'acide mise par erreur aux diffuseurs, fermentations dans les diffuseurs, etc. Pour déterminer l'acidité, on met dans un gobelet de verre 25 gr. de cossettes ou de pulpe avec 100 cm³ d'eau bouillante, on laisse macérer pendant une heure et après refroidissement on titre comme il a été déjà dit (p. 565).

Au lieu d'essayer les cossettes de diffusion, on peut se borner à l'examen des *eaux des presses* Klusemann (voy. p. 487). On emploie pour le dosage du sucre 50 cm³ de ces eaux interverties par vingt minutes d'ébullition avec quelques gouttes d'acide sulfurique, déféqués et amenés à 100 cm³. Comme ordinairement on trouve de 0,10 gr. à 0,20 gr. de sucre pour un cm³ de jus, il faudra opérer seulement sur 2 cm³ de liqueur de Fehling. Mais nous devons faire remarquer que pour que la connaissance de la quantité du sucre contenu dans l'eau des presses puisse servir à quelque chose, il faut déterminer expérimentalement le rapport de la quantité de cette eau à celle de la betterave.

Eaux de vidange des diffuseurs. — Il est également important de connaître, dans le cas de la diffusion, la quantité de sucre contenue dans les eaux de vidange des diffuseurs ; on procède pour ce dosage comme il vient d'être dit à propos des eaux des presses Klusemann. On admet ordinairement que 100 kg. de betteraves laissent couler 120 litres d'eau ; le mieux est d'évaluer cette quantité dans chaque cas particulier.

Surveillance de la fermentation. — Pendant la fermentation, la seule chose à vérifier est la température, que l'on doit chercher à maintenir constante entre 28 et 30°.

Lorsque la fermentation est terminée, il faut : 1° doser l'*acidité*; 2° prendre la *densité* et doser le sucre restant et 3° doser l'*alcool produit*.

Le *dosage de l'acidité* est utile pour constater que, pendant la fermentation, il ne s'est pas produit d'autres fermentations que la fermentation alcoolique. On opère comme avec le moût non fer-

menté. On ne doit pas trouver plus de 0,1 à 0,2 par litre en excès sur le titre primitif.

La *densité* se prend comme celle d'un moût ordinaire ; elle se rapproche de 0 dans le cas du travail à l'eau, mais elle est voisine de 0,7 dans le cas du travail à la vinasse. Cette densité fournit de précieuses indications sur la quantité du sucre non fermenté.

Comme il ne reste guère que 0,10 à 0,20 p. 100 de sucre dans le moût fermenté, il faudra pour le doser n'employer que 2 cm^3 de liqueur de Fehling. Si l'on ne fait pas le dosage du sucre à chaque cuve, il est convenable de le faire lorsque les densités de chute sont anormales et, en tout cas, au début des opérations, pour se rendre compte de la quantité de sucre restant, lorsque la densité de chute est normale. (En supposant que l'on s'astreigne à doser le sucre pour toutes les cuves, il est malgré cela nécessaire, au début de la fabrication, de prendre les densités de chute, car on doit régler le coulage sur elles. — Dans le travail à l'eau, on ne doit jamais avoir dans les cuves plus de 0,8 à 0,9 degré en plus du degré de chute et dans le travail à la vinasse, il est bon d'abaisser cet excédent à 0,4 ou 0,5.)

Pour *doser l'alcool* produit, on distille 500 cm^3 de moût dans l'un des appareils décrits précédemment (p. 526) et on recueille 250 cm^3. Si l'on trouve, toutes corrections faites, n d'alcool, cela veut dire que les 500 cm^3 de moût en contenaient $2{,}5 \times n$ cm^3.

Contrôle de la distillation. — Ce contrôle comporte l'*étude des vinasses*, au point de vue de leur *teneur en alcool*, de leur *teneur en sucre* et de leur *teneur en acide* (dans le cas du travail à la vinasse).

Pour évaluer la *teneur en alcool*, on distille un litre de vinasse neutralisée, en recueillant 100 cm^3. Cette vinasse est prélevée par fractions égales toutes les heures ; on en fera un échantillon moyen comprenant toutes les fractions prélevées pendant le travail d'une cuve. Voy. p. 532.

La *teneur en sucre* des vinasses n'est utile à connaître que si on n'a pas dosé ce corps dans les cuves avant la distillation. On opère comme avec les moûts fermentés.

Dans le travail à la vinasse, il est important de surveiller l'*acidité* des vinasses, qui tend à augmenter. Chaque fois que le titre

acidimétrique devient trop élevé, c'est-à-dire menace de surélever l'acidité du moût, il faut recommencer le travail à l'eau ou étendre la vinasse. Le mieux serait de s'astreindre à diluer les vinasses d'une manière régulière.

Dans la *fabrication de l'alcool avec les topinambours*, le contrôle est fait de la même manière que dans le travail des betteraves.

Comme la matière colorante du jus de betterave, celle du jus de topinambour est aussi, suivant Sidersky (*loc. cit.*, p. 599), un indicateur très sensible pour la détermination tant de l'acidité minérale que de l'acidité totale. Si, en effet, on ajoute à un jus de topinambour acide, limpide et de couleur ambrée une solution titrée de soude, le jus conserve sa limpidité et sa couleur, jusqu'au moment où tout l'acide minéral est saturé, après quoi l'addition de la liqueur alcaline produit dans le jus une coloration verdâtre, et, comme cela a lieu avec le jus de betteraves (p. 563), le liquide se trouble légèrement. Mais si l'on continue d'ajouter de la soude la couleur verdâtre devient de plus en plus foncée, le jus étant toujours acide; enfin, il arrive un moment où la couleur verte passe brusquement au noir. Si alors on plonge dans le jus un papier de tournesol sensible, on constate que le liquide est absolument neutre. L'apparition de cette coloration noire est le meilleur indicateur de l'acidité totale.

Si donc on a déterminé, à l'aide du procédé indiqué précédemment pour le jus de betteraves (p. 562), l'acidité minérale, il est facile de calculer l'acidité due aux acides organiques.

II. — Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les mélasses de betteraves.

Préparation du moût. — Elle comprend la dilution, qui est faite en deux temps (voy. p. 222), et la neutralisation ou acidulation, suivie d'un chauffage à 100°, afin d'expulser les acides volatils et de produire l'acidité voulue pour la fermentation. On peut, d'après L. Lévy (*loc. cit.*, p. 579), calculer de la manière suivante la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour la neutralisation et l'acidification :

Admettons qu'un poids de mélasse de 100 kg. doive former un volume V, compté en hectolitres de moût.

On prélève d'abord 20 gr. de mélasse; on les dissout dans 250 cm^3 d'eau et on ajoute 20 cm^3 d'acide sulfurique (H^2SO^4) à 100 gr. par litre. On fait bouillir jusqu'à ce que les vapeurs ne soient plus acides et on titre le résidu avec une liqueur alcaline correspondant à l'acide à 100 gr. par litre. Soit n cm^3, la quantité nécessaire pour amener la neutralisation. Dans cette opération, des 20 cm^3 primitifs d'acide, 20 — n ont été employés : 1° à neutraliser les bases et 2° à éliminer les acides volatils. Par conséquent, l'acide nécessaire pour neutraliser et dénitrer 20 gr. de mélasse est représenté par $(20 - n) \times 0{,}10$ gr., puisque l'acide est à 100 gr. par litre, et pour 100 kg. de mélasse il en faudra $(20 - n) \times 500$ gr. Ces 100 kg. étant introduits dans un volume de V hectolitres, auxquels on doit laisser une acidité de 2,50 gr. par litre, il faudra par suite un supplément de $V \times 250$ gr. d'acide; soit en tout $(20 - n) \times 500 + V \times 250$ gr. Si, par exemple, $V = 4$ et $n = 15$, il faudra pour 100 kg. de mélasse 2,5 kg. + 1 = 3,500 kg. d'acide sulfurique H^2SO^4.

La *surveillance de la fermentation et de la distillation* se fait exactement comme pour les betteraves.

C. — ANALYSE DE L'ALCOOL BRUT

Pour reconnaître les impuretés qui se rencontrent dans l'alcool brut, dans les flegmes, et en déterminer la quantité (voy. p. 446 et 451), on peut se servir des méthodes suivantes.

Aldéhyde. — Parmi les nombreux réactifs qui ont été indiqués pour la *recherche de l'aldéhyde* dans les alcools bruts, celui de Schiff ou de Gayon (*bisulfite de rosaniline*) est l'un des plus sensibles. Pour préparer ce réactif (d'après Gayon), on dissout 1 gr. de fuchsine dans 1 litre d'eau et on ajoute 20 gr. de bisulfite de sodium, puis 10 gr. d'acide chlorhydrique concentré. On ajoute 1 volume du réactif ainsi obtenu (qui n'est réellement sensible que quelques jours après sa préparation) à 2 volumes de l'alcool à

essayer, on agite et on laisse reposer. S'il n'y a pas d'aldéhyde, le mélange reste incolore, mais prend, dans le cas contraire, une coloration rouge violacé, qui est d'autant plus intense qu'il y a plus d'aldéhyde. Si l'on veut *doser* celle-ci, on compare la coloration obtenue avec un mélange en proportions connues d'alcool pur et d'aldéhyde pure.

Le réactif de Gayon est le plus communément employé, mais, suivant Lang, on devrait lui préférer le *chlorhydrate de métaphénylène-diamine*, proposé par Windisch, et qui avec les liquides alcooliques contenant de l'aldéhyde donne une coloration jaune orangé, se transformant au bout de quelque temps en une belle fluorescence verte[1].

Acides et éthers. — Les *acides* sont déterminés quantitativement par le procédé acidimétrique. Pour doser les *éthers*, on fait bouillir l'alcool avec une quantité mesurée et en excès de soude titrée, puis quand on juge la saponification complète on détermine avec une solution titrée d'acide sulfurique la quantité de soude employée à la saponification des éthers[2].

1 litre de flegme a exigé, par exemple, pour sa saturation 0,9 cm³ de soude titrée correspondant à 100 gr. d'acide sulfurique monohydraté par litre. L'acidité de ces flegmes, exprimée en acide acétique, sera, par conséquent, égale à $\frac{0,9 \times 60}{49} = 0,11$ gr. On a ajouté à 1 litre de flegme 20 cm³ de la même solution alcaline et ensuite fait bouillir; la saponification achevée, il a fallu pour ramener la neutralité 5,5 cm³ d'acide titré; par conséquent, 20 — 5,5 = 14,5 cm³ représentent la quantité de soude combinée aux acides du flegme, dont 0,9 aux acides libres et 13,6 aux acides des éthers; ces derniers correspondent par conséquent à 1,36 gr. d'acide sulfurique monohydraté par litre; l'équivalent de l'éther acétique étant 88, si l'on veut exprimer en fonction de ce dernier la teneur totale de l'alcool en éthers, on aura $\frac{1,36 \times 49}{88} = 1,894$ gr. d'éther acétique par litre.

[1] Rocques a indiqué récemment une méthode volumétrique pour le dosage de l'aldéhyde (*Académie des sciences*, séance du 10 octobre 1898).

[2] E. Barbet et Jaudrier opèrent la saponification des éthers au moyen du sucrate de chaux (*Comptes rendus du deuxième Congrès de chimie appliquée*, t. I. p. 470).

Alcools supérieurs. — Il a été proposé de très nombreuses méthodes pour la détermination des alcools supérieurs, dont la majeure partie est dans la plupart des cas représentée par l'*alcool amylique*. Nous allons en indiquer quelques-unes.

Une quantité, même faible, d'alcool amylique mélangée avec de l'alcool ordinaire modifie la tension capillaire de ce dernier et, en réduisant l'alcool essayé à un degré déterminé, on peut évaluer sa teneur en alcool supérieur d'après la hauteur à laquelle il s'élève, à une température donnée, dans un tube capillaire. C'est sur ce principe que repose le *capillaromètre* imaginé par TRAUBE pour la détermination des alcools supérieurs dans l'alcool ordinaire.

Le *compte-gouttes de* DUCLAUX est également basé sur les lois de la capillarité : les différents alcools présentent des tensions superficielles différentes et donnent en s'écoulant d'un tube effilé et pour un volume déterminé, un nombre de gouttes assez différent pour que ce nombre puisse indiquer la nature du liquide dont elles sont formées, et le procédé est d'autant plus exact que le liquide est plus dilué. DUCLAUX a dressé des tables pour les mélanges d'alcool éthylique avec l'alcool amylique ou butylique, le mélange alcoolique étant supposé marquer 5° à l'alcoomètre de GAY-LUSSAC.

Le tableau suivant indique les résultats qu'il a obtenus en opérant avec 5 cm³ d'alcool à 5° G.-L., renferment des doses croissantes d'alcool amylique.

NOMBRE DE GOUTTES	QUANTITES CORRESPONDANTES D'ALCOOL	
	Ordinaire.	Amylique.
129	5 p. 100	0,000 p. 100
137,5	5 —	0,127 —
145	5 —	0,253 —
153	4,9 —	0,380 —
159	4,9 —	0,507 —
173	4,9 —	0,760 —
185	4,8 —	1,014 —
197	4,8 —	1,267 —
209	4,6 —	1,520 —
221	4,3 —	1,774 —
232	3,9 —	2,028 —
244	3,6 —	2,280 —
255	3,2 —	2,534 —

Cette table étant dressée pour la température de 15°, il est indispensable d'opérer à cette température. Mais la méthode n'est réellement exacte que pour le cas de mélanges de deux alcools; elle peut, malgré cela, fournir de précieuses indications.

Le procédé imaginé Rœse est basé sur l'absorption des alcools supérieurs par agitation du liquide impur avec du *chloroforme*, et la mensuration de la hauteur de la couche que forme ce dernier après repos. Suivant Bardy, il convient d'opérer avec l'alcool dilué à 30 p. 100, à la température de 15° et en présence de 20 p. 100 de chloroforme. Le volume de celui-ci augmente de 1,55 cm^3 quand on augmente la teneur d'un alcool pur de 0 à 1 p. 100 d'alcool amylique.

Bang absorbe les alcools supérieurs par le *pétrole léger* purifié par l'acide sulfurique, puis il traite l'hydrocarbure chargé des alcools par l'acide sulfurique concentré et il évalue la quantité de ces derniers d'après l'intensité de la teinte jaune orangé ou brune, que produit l'action de l'acide.

Les réactifs dont il va maintenant être question, l'acide sulfurique et le permanganate de potassium, ne peuvent servir que pour la détermination en bloc des impuretés.

L'alcool chauffé avec son volume d'*acide sulfurique* concentré prend une coloration d'autant plus intense qu'il renferme plus d'impuretés. En comparant la teinte produite avec celle de solutions de perchlorure de fer, on peut se rendre compte approximativement de la proportion de l'ensemble des impuretés contenues dans l'alcool.

Le *diaphanomètre*, imaginé par Savalle pour la détermination du degré de pureté des alcools rectifiés, est basé sur l'emploi de l'acide sulfurique, et l'évaluation des impuretés est faite par comparaison avec des verres teintés.

Le *permanganate de potassium* mis en contact avec de l'alcool se décolore au bout d'un temps variable avec la nature et la quantité des impuretés renfermées dans le liquide; 2 cm^3 d'une solution de permanganate à 1 décigramme par litre se décolorent au bout de une à cinq minutes en présence de l'aldéhyde, au bout de dix minutes en présence de l'alcool propylique et de l'alcool isobutylique, au bout de vingt minutes en présence de l'alcool

amylique et restent colorés plus longtemps encore en présence d'alcool éthylique pur. La méthode d'essai des flegmes et de l'alcool rectifié imaginé par E. Barbet est basée sur l'emploi de ce réactif, qui est d'ailleurs d'une grande sensibilité et est le seul qui, en dehors de la dégustation, permette de déterminer exactement le degré de raffinage d'un alcool.

Furfurol. — Le furfurol peut être facilement reconnu et même dosé colorimétriquement à l'aide du procédé indiqué par Jorissen, lequel est basé sur la coloration rouge que donne le furfurol au contact de l'acétate d'aniline. Dans un tube à essais, on verse 1 cm^3 d'aniline pure et 1 cm^3 d'acide acétique cristallisable également pur; sur ce mélange, qui doit rester incolore, on verse 3 cm^3 de l'alcool à essayer. La coloration rouge se produit avec d'autant plus de rapidité et d'intensité que la proportion du furfurol est plus grande. Pour le dosage, on prépare une échelle de comparaison avec une solution de safranine, que l'on met dans des tubes à essais de même diamètre que ceux dont on se sert pour l'expérience, et dont on règle la coloration, une fois pour toutes, sur des échantillons types contenant de 0,005 à 0,1 p. 100 de furfurol.

L'analyse des alcools offrant une grande importance industrielle et ne pouvant ici nous étendre plus longuement sur les nombreuses méthodes proposées dans ce but, parmi lesquelles nous n'avons pour ainsi dire qu'esquissé quelques-unes des plus usitées, nous renverrons aux ouvrages spéciaux et notamment à ceux de H. Rocques (*Analyse des alcools et des eaux-de-vie*) et de Ch. Girard et L. Cuniasse (*Manuel pratique de l'analyse des alcools et des spiritueux*), ainsi qu'aux travaux publiés par E. Barbet dans les *Comptes rendus du deuxième Congrès de chimie appliquée* (t. I, p. 464) et dans les *Annales de la brasserie et de la distillerie* (Année 1898).

TABLE DE LA FORCE RÉELLE EN VOLUME DES LIQUIDES ALCOOLIQUES

OU INDICATION QUE DONNERAIT L'ALCOOMÈTRE SI LE LIQUIDE ALCOOLIQUE ÉTAIT RAMENÉ EFFECTIVEMENT AVANT L'ESSAI A LA TEMPÉRATURE DE 15° C. (voy. p. 362).

La seconde ligne de cette table indique le volume réel qu'aurait un litre du liquide à la température d'expérience si on le ramenait à la température de 15° C.

Indications de l'alcoomètre.

TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10	1.4	2.4	3.4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.6	11.7	12.7	13.8	14.9	16	17	18.1	19 2	20.2	21.3	22.4	23.5	24.6	25.7	26.8
	1.000	1.000	1 001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002	1.002	1.002
11	1.3	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.6	12.6	13.6	14.7	15.8	16.8	17.9	19	20	21	22.1	23.2	24.3	25.4	26.5
	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002
12	1.2	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.4	11.5	12.5	13.5	14.6	15.6	16.6	17.6	18.7	19.7	20.7	21.8	22.9	24	25.1	26.1
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
13	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.3	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5	21.5	22.6	23.6	24.7	25.7
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1 000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
14	1 1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.3	23.3	24.3	25.3
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	1.000	1.000	1 000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.8	18.7	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11 7	12.7	13.7	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	999	999	999	999	999	999	999
18	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22	23	24
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
19	0.6	1.6	2.6	3.6	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10 5	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2	16.1	17	17.9	18.8	19.8	20.8	21.7	22.7	23.6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	998
20	0.5	1.5	2 4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.3	8.3	9.3	10.3	11.2	12.2	13.1	14	14.9	15.8	16.7	17 6	18.5	19.5	20.5	21.4	22 4	23.3
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998
21	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3	5.2	6.2	7.1	8.1	9.1	10.1	11	11.9	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.1	23
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998
22	0.3	1.3	2.2	3.2	4 1	5.1	6.1	7.0	7.9	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17	17.9	18.8	19.8	20.7	21.7	22.6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
23	0.1	1.1	2.1	3.1	4	4.9	5.9	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1	15.	15.9	16.7	17.6	18.5	19.5	20.4	21.4	22.3
	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997
24		1.0	1.9	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.3	19.2	20 1	21.1	21.9
		999	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997
25		0.8	1.7	2.7	3.6	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11 1	12	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1	18	18.9	19.8	20.7	21.6
		999	998	99	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997	996

TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	46.9	47.9	48.9	49.9	50.9	51.8
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
10	27.9	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46								
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003
11	27.6	28.6	29.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6	39 6	40.6	41.6	42.6	43.6	44.6	45.6	46.6	47.6	48.6	49.5	50.5	51.5		
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003		
12	27.2	28.2	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34 2	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2	44.2	45.2	46.2	47.2	48.2	49.2	50.2	51.1		
	1.001	1.001	1 001	1.001	1.001	1.001	1.000	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002		
13	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8	44.8	45.8	46.8	47.8	48.8	49.8	50.8		
	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002		
14	26.4	27.4	28.4	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38 4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4	44.4	45.4	46.4	47.4	48.4	49.4	50.4		
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001		
15	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
16	25. 7	26. 6	27. 6	28. 6	29. 6	30 6	31. 6	32. 5	33. 5	34. 5	35. 5	36. 5	37. 5	38. 5	39. 5	40. 6	41. 6	42. 6	43. 6	44. 6	45. 6	46. 6	47. 6	48. 6	49. 6		
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999		
17	25. 4	26. 3	27. 3	28. 2	29. 2	30. 2	31. 2	32. 1	33. 1	34. 1	35. 1	36. 1	37. 1	38. 1	39. 1	40. 2	41. 2	42. 2	43. 2	44. 2	45. 2	46. 2	47. 2	48. 3	49. 3		
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998		
18	25	25. 9	26. 9	27. 8	28. 8	29. 8	30. 8	31. 7	32. 7	33. 7	34. 7	35. 7	36. 7	37. 7	38. 7	39. 8	40. 8	41. 8	42. 8	43. 8	44. 9	45. 9	46. 9	47. 9	48. 9		
	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998		
19	24. 6	25. 6	26. 5	27. 4	28. 4	29 4	30. 4	31. 3	32. 3	33. 3	34. 3	35. 3	36 3	37. 3	38. 3	39. 4	40. 4	41. 4	42. 5	43. 5	44. 5	45. 5	46 5	47. 5	48. 5		
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997		
20	24. 3	25. 2	26. 2	27. 1	28	29	30	30. 9	31. 9	32. 9	33. 9	34. 9	35. 9	36. 9	37. 9	39	40	41	42. 1	43. 1	44. 1	45. 1	46. 1	47. 2	48. 2		
	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996	996		
21	23. 9	24. 8	25. 6	26. 7	27. 6	28. 6	29. 6	30. 5	31. 5	32. 5	33. 5	34. 5	35. 5	36. 5	37. 5	38. 6	39. 6	40. 6	41. 7	42. 7	43. 7	44. 8	45. 8	46. 8	47. 8		
	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995		
22	23. 6	24. 4	25. 3	26. 3	27. 2	28 2	29. 2	30. 1	31. 1	32. 1	33. 1	34. 1	35. 1	36. 1	37. 1	38. 2	39. 2	40. 2	41. 3	42. 3	43. 3	44. 3	45. 3	46. 4	47. 4		
	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995	995	995	995	995	995	995	995		
23	23. 2	24. 1	25	25. 9	26. 8	27. 8	28. 8	29. 7	30. 7	31. 7	32. 7	33. 7	34. 7	35. 7	36. 7	37. 8	38. 8	39. 8	40. 9	41. 9	42. 9	43. 9	44. 9	46	47		
	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996	996	995	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994		
24	22. 8	23. 7	24. 6	25. 5	26. 4	27. 4	28. 4	29. 3	30. 3	31. 3	32. 3	33. 3	34. 3	35. 3	36. 3	37. 4	38. 4	39. 4	40. 5	41. 5	42. 5	43. 6	44. 6	45. 6	46. 6		
	997	997	996	996	996	996	996	995	995	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994	994	994	993	993		
25	22. 5	23. 3	24. 3	25. 2	26. 1	27	28	28. 9	29. 9	30. 9	31. 9	32. 9	33. 9	34. 9	35. 9	37	38	39	40. 1	41. 1	42. 2	43. 2	44. 2	45. 2	46. 3		
	996	996	996	996	996	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994	993	993	993	993	993	993	993	993		

Pour se servir de cette table. on cherche dans la première colonne horizontale le nombre correspondant à l'indication de l'alcoomètre et dans la première colonne verticale, le degré indiqué par le thermomètre; au croisement de ces lignes, on trouve la force réelle du liquide examiné.

Si, par exemple. l'alcoomètre marque 96° et le thermomètre 20°, la force réelle du liquide est de 95°, et un litre de ce liquide ne ferait plus que 995 centimètres cubes à 15°. Ces deux données permettent de déterminer la *richesse alcoolique* du liquide suivant la table de la Régie : 0 lit. 995 c.c. × 95° = 94°,5 ou *richesse alcoolique* (voy. p. 363).

TABLE DE LA FORCE RÉELLE EN VOLUME DES LIQUIDES ALCOOLIQUES (*Suite*)

OU INDICATION QUE DONNERAIT L'ALCOOMÈTRE SI LE LIQUIDE ALCOOLIQUE ÉTAIT RAMENÉ EFFECTIVEMENT AVANT L'ESSAI A LA TEMPÉRATURE DE 15° C. (voy. p. 362)

La seconde ligne de cette table indique le volume réel qu'aurait un litre du liquide à la température d'expérience si on le ramenait à la température de 15° C.

Indications de l'alcoomètre.

TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
10	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.8	59.7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.6	68.6	69.6	70.6	71.6	72.6	73.5	74.5	75.5	76.5
	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.005	1.005	1.005
11	52.5	53.5	54.4	55.4	56.4	57.4	58.4	59.4	60.4	61.4	62.4	63.4	64.4	65.4	66.4	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.2	74.2	75.2	76.2
	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
12	52.1	53.1	54.1	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72.9	73.9	74.9	75 9
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003
13	51.8	52.7	53.7	54.7	55.7	56.7	57.7	58.7	59 7	60.7	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68.7	69.6	70.6	71.6	72 6	73.6	74.6	75.6
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
14	51.4	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72 3	73.3	74.3	75.3
	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
15	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	50.6	51.6	52.6	53.6	54 6	55. 6	56.6	57.6	58.6	59.6	60.6	61.7	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68 7	69.7	70.7	71.7	72.7	73.7	74.7
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	50.3	51.3	52.3	53.3	54.3	55.3	56.3	57.3	58.3	59.3	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69.3	70.3	71.3	72.3	73.3	74.3
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	49.9	50.9	51.9	52.9	53.9	54.9	55.9	56.9	57.9	58.9	59.9	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	49.5	50.6	51.6	52.6	53.6	54.6	55.6	56.6	57.6	58 6	59.6	60.6	61.6	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.7	68 7	69.7	70.7	71.7	72.7	73 7
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996	996
20	49.2	50.2	51.2	52.2	53.2	54.2	55.2	56.2	57.2	58.2	59.2	60.3	61.3	62.3	63.3	64.3	65.3	66.3	67.3	68.3	69 4	70.4	71.4	72.4	73.4
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995	995
21	48.8	49.8	50.8	51.8	52.9	53.9	54.9	55.9	56.9	57.9	58.9	59.9	61	62	63	64	65	66	67	68.1	69.1	70.1	71.1	72.1	73.1
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	993	995	995	994	994
22	48.4	49.4	50.4	51.4	52.5	53.5	54.5	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6	62.7	63.7	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8	72.8
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	993
23	48	49.1	50.1	51.1	52.1	53.1	54.1	55.1	56.1	57.1	58.1	59.2	60.2	61.3	62.3	63.3	64.3	65.4	66.4	67.4	68.4	69.4	70.5	71.5	72.5
	994	994	994	994	994	994	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	992
24	47.6	48.7	49.7	50.7	51.8	52.8	53.8	54.8	55.8	56.8	57.8	58.9	59.9	61	62	63	64	65	66	67.1	68.1	69.1	70.1	71.2	72.2
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
25	47.3	48.3	49.3	50.3	51.4	52.4	53.4	54.4	55.5	56.5	57.5	58.5	59.5	60.6	61.6	62.6	63.7	64.7	65.7	66.7	67.8	68.8	69.8	70.8	71.8
	993	993	993	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991

TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
10	77.5	78.5	79.5	80.5	81.5	82.4	83.4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.3	89.3	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.1	96	97	98	98.9	99.9	
	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	
11	77.2	78.2	79.2	80.2	81.2	82.2	83.1	84.1	85.1	86.1	87.1	88	89	90	91	92	92.9	93.9	94.9	95.8	96.8	97.8	98.7	99.7	
	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	
12	76.9	77.9	78.9	79.9	80.9	81.9	82.9	83 9	84.8	85.8	86.8	87.8	88.7	89.7	90.7	91.7	92.7	93.7	94.7	95.6	96.6	97.6	98 5	99.5	
	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	
13	76.6	77.6	78 6	79.6	80.6	81.6	82.6	83.6	84.6	85.5	86.5	87.5	88.5	89.5	90.5	91.5	92.5	93.5	94.4	95.4	96.4	97.4	98.4	99.3	
	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	
14	76.3	77.3	78.3	79.3	80.3	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.3	87.3	88.2	89.2	90.2	91.2	92.2	93.2	94.2	95.2	96.2	97.2	98.2	99.2	
	1.001	1 001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	
15	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
	1.000	1 000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	75.7	76.7	77.7	78.7	79.7	80 7	81 7	82.7	83.7	84.7	85.7	86.7	87 7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.8	93.8	94.8	95.8	96.8	97.8	98.8	99.8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	75.4	76.4	77.4	78.4	79.4	80.4	81.4	82.4	83 4	84.4	85.4	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.5	92.6	93.6	94.6	95.6	96.6	97.6	98.7	99.7
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	75.1	76.1	77.1	78.1	79.1	80.1	81.1	82.1	83.1	84.1	85.2	86.2	87.2	88.2	89.2	90.2	91.3	92.3	93.3	94.3	95.4	96.4	97.4	98.5	99.5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	74.7	75.8	76.8	77.8	78.8	79.8	80.8	81.9	82.9	83.9	84.9	85.9	86.9	87.9	88.9	90	91.1	92.1	93.1	94.1	95.2	96.2	97.3	98.3	99.3
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
20	74.4	75.5	76.5	77.5	78.5	79.5	80.5	81.6	82.6	83.6	84.6	85.6	86.6	87.7	88.7	89.7	90.8	91.8	92.9	93.9	95	96	97.1	98.1	99.1
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
21	74.1	75.2	76.2	77.2	78.2	79.2	80.2	81.3	82.3	83.3	84.3	85.3	86.4	87.4	88.4	89.5	90.5	91.6	92.6	93.7	94.7	95.8	96.9	97.9	99
	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
22	73.8	74.8	75.9	76.9	77.9	78.9	79.9	81	82	83	84	85	86.1	87.1	88.2	89 2	90.2	91.3	92.4	93.4	94.5	95.6	96.7	97.7	98.8
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	992	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
23	73.5	74.5	75.5	76.6	77.6	78.6	79.6	80.7	81.7	82.7	83.8	84.8	85.8	86.8	87.9	89	90	91.1	92.1	93.2	94.3	95.4	96.5	97.5	98.6
	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
24	73.2	74.2	75.2	76.3	77.3	78.3	79.3	80.4	81.4	82.4	83 5	84.5	85.5	86.5	87.6	88.7	89.7	90.8	91.9	93	94.1	95.2	96.2	97.3	98.4
	992	992	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
25	72.8	73.9	74.9	76	77	78	79	80 1	81.1	82.1	83 2	84.2	85.2	86.3	87.4	88.4	89.5	90.6	91.6	92.7	93.8	94.9	96	97.1	98.2
	991	991	991	991	991	991	991	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990	990

Pour se servir de cette table, on cherche dans la première colonne horizontale le nombre correspondant à l'indication de l'alcoomètre et dans la première colonne verticale le degré indiqué par le thermomètre; au croisement de ces lignes, on trouve la force réelle du liquide examiné.

Si par exemple l'alcoomètre marque 96° et le thermomètre 20°, la force réelle du liquide est de 95°, et un litre de ce liquide ne ferait plus que 995 centimètres cubes à 15°. Ces deux données permettent de déterminer la *richesse alcoolique* du liquide suivant la table de la Régie : 0 lit. 995 c.c. × 95° = 94°,5 ou *richesse alcoolique* (voy. p. 363).

TABLE ALPHABÉTIQUE

A

Accidents du travail des matières amylacées, 536; dus au malt, 537; à la préparation de la levure, 552; à la conduite de la fermentation, 555.
Achroodextrine, 33.
Acide fluorhydrique, 333.
— lactique, 234.
Acides, recherche dans l'alcool brut, 571.
Acides gras volatils, 390.
Acidité minérale, 562.
Acidité organique, 526.
Acidulation des jus de betteraves, 199, 203.
Alcool absolu, 394.
— amylique, 389; recherche dans l'alcool brut, 571.
Alcool de betteraves, contrôle de la fabrication, 561 : surveillance du jus, 561 (température, densité, acidité, 561 ; acidité minérale et acidité organique, 562), surveillance des cossettes et de la pulpe, 564; eaux de vidange des diffuseurs, 566; surveillance de la fermentation, 566; contrôle de la distillation.
Alcool bon goût, 447, 448.
— brut, analyse, 567; filtration sur le charbon, 470; impuretés, 446; raffinage, 446; rectification, 461.
Alcool de cœur, 448.
— éthylique, 389.
— fin, 447, 448.
Alcool de matières amylacées (contrôle de la fabrication de l'), 493.
Alcool de mélasses (contrôle de la fabrication de l'), 568.
Alcool neutre, 447.
— propylique, 389.
— rectifié, 447.
— de topinambours (contrôle de la fabrication de l'), 568.
Alcools supérieurs, recherche dans l'alcool brut, 571.
Alcoomètre de Gay-Lussac, 361.
Alcoométrie, 358.
Aldéhyde acétique, 389; recherche dans l'alcool brut, 569.
Aldéhyde formique, 340.
Amidon, 31.
— saccharification par le malt, 148; par les mucédinées, 364.
Amidon soluble, 33.
— — d'Effrout, 492.
— (solution d'), 492.
— transformations, 122.
Amylase, 15, 49.
Amylodextrine, 33.
Amylomyces Rouxii, 139, 365, 366.
Analyse de l'alcool brut, 569.
— de contrôle, 493.
— de la levure fermentée, 520: degré de la fermentation, 520; acidité, 520; examen microscopique, 520.
Analyse du malt, 493; examen extérieur, 493; teneur en eau, 494; pouvoir fluidifiant et saccharifiant, 494.
Analyse du moût fermenté de matières amylacées, 521; degré de fermentation, 522; acidité, 524; dosage de l'alcool, 525; énergie diastasique, 526; dosage de la maltose et des dextrines, 527; examen microscopique, 530.
Analyse du moût-levain, 517 : concentration, 517; acidité, 518; saccharification, 518; examen microscopique, 517; saveur et odeur, 520.
Analyse du moût sucré de matières amylacées, 406; essai par l'iode, 406; dosage de l'amidon 498; essai saccharométrique, 499; acidité, 506; force diastasique, 508; dosage de la maltose et des dextrines, 509.
Antinonnine, 341.
Antiseptiques (emploi des), 333.
Appareils distillatoires, 388; de Pistorius, 409, 411; de Linke et Hentze, 413, 414; de Bohm, 415; d'Ellenberger, 418; d'Heckmann, 419; d'Egrot, 424, 426; de Savalle-428, 432, 434; de Champonnois, 437; de Collette, 439; de Sorel, 441; de Guillaume, 443, de Barbet, 443.
Appareils distillatoires, (organes des), 394.

Appareils à germination, 16.
— jaugeurs de débit, 363.
— à levure pure, 279.
— à moût, 157.
— à moût-levain, 233.
Aspergillus orizæ, 139, 365, 366 .
Atelier à levure, 235.
Avoine, composition, 23.
— malt d', 80.

B

Bacs refroidissoirs, 171.
Balance de Reimann, 6.
— de Paucksch, 93.
Balling, saccharomètre, 37, 499.
Bang et Rufin, raffinage de l'alcool, 476.
Barbet, appareil distillatoire, 443; à rectification continue, 466; à rectification directe sans distillation, 467; calottes-peignes, 468; filtration de l'alcool brut sur le charbon, 475; régulateur du chauffage, 428.
Barbier, macérateurs, 213.
Bassin de Pistorius, 407.
Betterave, composition, 34.
— essai; 35 : méthode densimétrique, 36; méthode polarimétrique, 37; méthode chimique, 37; par fermentation, 38.
Betteraves, traitement, 197.
Bisulfite de chaux, 341.
Bohm, appareil distillatoire, 415; broyeur-dépeleur, 121; cuiseur, 146; exhausteur, 116; fourquet à vapeur, 231.
Bothner, appareil à brouillard, 75 : cuve-mouilloire, 65.
Braunfels, moulin à pommes de terre, 99.
Broyeur-dépeleur, 121.
Broyeur à malt, 85.
Büchner, levure, 281.

C

Calcul du rendement, 348.
Calmette, levure chinoise, 367.
Capillaromètre de Traube, 571.
Cave de malterie, disposition, 76.
Champonnois, appareil distillatoire, 437; macération à la vivasse, 203; 211; râpe, 199.
Charbon de bois, 470.
— revivification, 474.
Chlomydomucor orizæ, 364.
Collette, appareil distillatoire, 439; filtration de l'alcool brut sur le charbon, 475.
Colette et Boidin, saccharification des matières amylacées, 364, 374.
Compte-gouttes de Duclaux, 571.
Compteurs Siemens, 363.
Concassage du malt, 84.
Contrôle de la fabrication de l'alcool avec les matières amylacées, 493; avec les betteraves, 561, avec les mélasses, 568, avec les topinambours, 568.
Contrôle des vivasses (appareil pour le), 436, 534.
Coupe-racines, 204.
Cuiseur de Bohm, 146.
— d'Egrot, 109.
— de Hentschel, 109.
— de Henze, 104, 107, 132.
Cuiseur-saccharificateur, 195.
Cuves de fermentation, 326.
— — du procédé amylo, 378.
— — espaces perdu des, 310.
Cuve-matière, 118, 130.
— — de Pampe, 376.
Cuve-mouilloire, 56.
— — de Bothner, 65.
Cuverie, 324.

D

Dari, composition, 29.
— traitement, 140.
Déflegmation, 405.
Delbrück, appareil pour la filtration des moûts, 505.
Dénitrage des mélasses, 223.
Dépelage des moûts, 182.
Dépeleur de Hampel, 188.
— de Hentschel, 187.
— de Hintz et Gœbel, 189.
— de Müller, 183.
Dextrines, 33.
— dosage, 509, 527.
Dextrose, 33, 34.
Dhura, voy. *Dari*.
Diaphanomètre de Savalle, 572.
Diastase, 25.
Diffuseurs, 215.
Diffusion, 215.
— à la vinasse, 216.
Distillation, 388.
Drèches, 183. 388.
Drèches liquides, 477.
Duclaux, compte-gouttes, 571.

E

Eau, analyse, 47.
— composition, 43.
Eaux-de-vie, 394.
Eckert, laveur, 92.
Effront, emploi de l'acide fluorhydrique, 335.
Egrot, appareils distillatoires, 424, 426; à moût, 170; cuiseur conique, 109; pompe America, 444; rectificateur, 462.

Ellenberger, appareil distillatoire, 418 ; à moût, 157 ; à moût levain, 223, broyeur à malt, 87 ; réfrigérants, 178.
Eprouvette, 421, 431.
Erythrodextrine, 33.
Essai au sel, 4.
Essences, 446.
Esprits, 394.
Ethers, recherche dans l'alcool brut, 570.
Eurotiopsis Gayoni, 365.
Eurotium orizæ, 139, 365.
Exhausteur, 116.

F

Fécule, dosage dans les pommes de terre, 3 ; méthode indirecte (essai au sel), 4 ; méthode directe (balance de Reimann), 5 ; par fermentation, 9.
Ferments japonais, 139.
— lactique pur, 281.
Fermentation apparente, 523.
— ascendante et descendante, 313.
— complémentaire, 295.
— sous chapeau, 313.
— des jus de betteraves, 518.
— des jus de topinambours, 521.
— mousseuse, 314.
— des moûts, 288.
— — clairs, 296.
— — épais, 297.
— — préparés.
— par les acides, 517.
— des moûts de mélasse, 521.
— nitreuse, 523,
— ondoyante, 313.
— (pertes pendant la), 343.
— préliminaire, 291.
— principale, 293.
— (pureté de la), 331.
— récile, 523.
— (salle de), 324.
Filtration de l'alcool sur le charbon, 471.
Flegmes, 446.
Fluorure d'aluminium, 340.
Formaldéhyde, 343.
Fourquet, 102.
— à vapeur, 231.
Fousel, 448.
Freinte, 456.
Froment, composition, 23.
— (malt de), 80.
— traitement, 140.
Furfurol, recherche dans l'alcool brut, 593.
Fuselöle, 446.

G

Germination (conditions de la), 51.
Germoir. Voy. *Cave de malterie.*
Gladenapp, action du charbon de bois sur l'alcool brut, 470.
Granulose, 123.
Granzow, réfrigérant, 304.
Guillaume, appareil distillatoire à colonnes inclinées, 443 ; à rectification continue sans distillation, 469 ; régulateur de chauffage, 428.

H

Hampel, dépeleur, 188.
Heckmann, appareil distillatoire, 419 ; réfrigérant, 298.
Hentschel : appareil pour le lavage et la trempe de l'orge, 63 ; appareils à moût ; 163, 166, cuiseur conique, 109 ; dépeleur, 187 ; réfrigérant, 175.
Henze, cuiseur conique, 109.
Hintz et Gœbel, dépeleur, 189.
Hipper, réfrigérant, 302.
Huiles de fousel, 446, 487.
— odorantes, 446.

I J

Impuretés de l'alcool brut (origine des) 449.
Iode (solution d'), 496.
Injecteur à jet de vapeur, 412.
Jacquemin, appareils à levure pure, 279.

K

Klusemann, presse à cossettes, 487.
Koch, machine à laver l'orge, 68.
Koji, 139, 365.
Krocker (table de), 5.
Kyll, régulateur de chauffage, 428 ; traitement des topinambours, 221.

L

Lemböck et Linke, tambour pour le lavage de l'orge, 63.
Levain pour moûts de maïs, 272.
— de secours, 271.
Levure à l'acide fluorhydrique, 339.
— artificielle, ensemencement, 247.
— — préparation, 226, 263.
— de bière, emploi, 284.
— chinoise, 139, 367.
— fermentée, analyse, 520.
— de malt vert, 263.
— de moût sucré et de malt vert, 265.

Levure, nature, 255.
— propagation, 255.
— pure, 250, 270, 279.
— — de vin, 252.
— de vingt quatre heures, 269.
Levure-mère, conservation, 261.
— prélèvement, 261.
Lévy, essai des mélasses, 42.
Linke et Hentze, appareils distillatoires, 413, 414.
Liqueur de Fehling, 37, 510.
— de Violette, 37.

M

Macérateurs Barbier, 213.
— à betteraves, 206.
— rectangulaires, 130.
— centrifuges, 130.
Macération (extraction du jus des betteraves par), 208; à l'eau, 203; à la vinasse, 203, 211.
Maïs, composition, 24.
— malt de, 82.
— traitement, 126, 130.
Malandres des vinasses, 481.
Malt d'avoine, 80.
— (concassage du), 84.
— de froment, 80.
— de maïs, 82.
Malt d'orge, préparation, 49; mouillage et trempe de l'orge, 55; lavage; 61, germination, 68.
Malt d'orge anormale, préparation, 78.
— d'orge verts (analyses de), 541.
— séché à l'air, 90.
— de seigle, 80.
— touraillé, 90.
— vert, 55.
Maltose, 33; dosage, 509, 527.
Matières amylacées, composition, 44; saccharification par les acides, 192; par le malt, 148; par les mucédinées, 364.
Matières sucrées, composition, 44.
Mélasse, composition, 41.
— essai, 42.
— traitement, 222.
Millet de Guinée (voy. *Dari*).
— de nègre (voy. *Dari*).
Moût (appareils à), 157.
— fermenté, analyse, 521; composition, 528, 558; distillation, 388.
Mout-levain, acidification, 234.
— analyse, 517.
— préparation, 229.
— refroidissement, 240.
Moût sucré (analyse du), 406. — Dépelage, 182. — Préparation, 91, 148, 152, 192. : Avec les betteraves, 177 (lavage des betteraves, 197; extraction du jus par râpage et expression, 198; par découpage en cossettes et macération ou diffusion, 202); avec le dari, 140; avec le froment, 140; avec le maïs, 126, 130; avec les mélasses, 222 (dilution des mélasses avec de l'eau, 222; neutralisation et chauffage; dénitrage, 223); avec l'orge, 140; avec les pommes de terre, 91 (lavage des pommes de terre, 91; cuisson d'après l'ancien procédé, 96; d'après le nouveau, 103; saccharification, 148); avec le riz, 139; avec le seigle, 128, 140; avec les topinambours, 220. — Refroidissement, 170; par l'air, par l'eau et par l'air, 174; par l'eau, 177; à l'aide de glace, 181.
Moûts (fermentation des), 288.
— sucrés de céréales (analyses de), 551.
— sucrés de pommes de terre, 548, 549.
Mucédinées, 364.
Mucor alternans, 365.
— β, 365, 366, 372.
— circinelloïdes, 365.
— γ, 365, 373.
— racemosus, 365, 374.
— spinosus, 365.
Müller, dépeleur, 183.

O

Orge, composition, 13.
— (malt d'), 49, 78.
— pouvoir germinatif, 15.
— pouvoir saccharigène, 14.
— (ressuage de l'), 17.
— traitement, 140.

P

Paucksch, appareil à moût-levain, 203; broyeur à malt, 85; moulin à malt vert, 88; réfrigérant, 180.
Pellet, analyse des mélasses, 43.
Perrier, rectificateur, 408.
Pertes pendant la fermentation, 343.
Phytophtora infestans, 12.
Pistorius, appareil distillatoire, 410; bassin, 407; rectificateur, 407.
Plateau Champonnois, 437.
— Egrot, 425.
— Savalle, 428.
Pommes de terre, composition, 1.
— — conservation des, 12.
— — maladies des, 12.
— — teneur en fécule, 91.
— — traitement, 91.
Pompe America, 444.
Procédé amylo, 374.
— Collette et Boidin, 364.
— Effront, 334.

Produits moyens, 401.
— de queue, 394, 401, 423, 448.
— de queue, analyse, 532.
— de tête, 394, 401, 448.
Pulpe de betteraves, 486.
— — composition, 487.
— de topinambours, 488.
Purification de l'alcool brut, 446.

R

Raffinage de l'alcool brut, 446.
Rafraîchissement des moûts avec de l'eau, 309.
Râpe à betteraves, 198.
— de Champonnois, 199.
— Wackernie, 199.
Rectificateur à cloches, 409.
— continu de Barbet, 464.
— Egrot, 462.
— de Perrier, 408.
— de Pistorius, 407.
— de Savalle, 457.
Rectification, 393, 404.
— de l'alcool brut, 461, 467.
— continue, 463.
— continue, simplifiée, 466.
— continue, sans distillation, 467.
Réfrigérant d'Ellenberger, 178.
— de Granzow, 304.
— d'Heckmann, 278.
— d'Hentschel, 175.
— d'Hipper, 302.
— d'Hornung, 244, 303.
— mécanique, 242.
— de Paucksch, 180.
— de Piltz, 245.
— de Roser, 301.
— de Stenglein, 300.
— à tubes rubanés, 241.
— tubulaire, 177.
Refroidissement des moûts, 170, 298.
— du moût-levain, 240.
Régulateur de chauffage, 428, 429.
Reimann, balance à pommes de terre, 6.
Rendement, calcul du, 348.
Résidus de la distillation, 477; des betteraves, 486, des matières amylacées, 477, 485, 486; des mélasses, 489; de la rectification de l'alcool, 489; des topinambours, 488.
Riz, composition, 30.
— traitement, 139.
Rizina, 30.
— traitement, 139.

S

Saccharification par les acides, 192, 193.
— par la diastase, 148, 149.
— par le malt, 148, 149.
— par les mucédinées, 364.
Saccharomètre de Balling, 37, 499.
Saké, 139, 365.
Savalle, appareils distillatoires, 428, 432 434; diaphanomètre, 572; éprouvette-jauge, 431; filtres à charbon, 472; jaugeur de débit, 363; plateaux, 428; rectificateur, 457, régulateur de chauffage, 429.
Schönjahn, appareil à germination, 15.
Seigle, composition, 20.
— (malt de), 80.
— traitement, 128, 140.
Sidersky, burette acidimétrique, 563.
Siemens, compteurs, 363.
Soja, 365.
Solanine, 11.
Sorel, appareil distillatoire horizontal, 441.
Sorgho (voy. *Dari*).
Steiner, appareil à germination, 15.
Stenglein, réfrigérant, 300.
Stephen-David, coupe-racines, 204.
Strauch, appareil à rectification continue sans distillation, 470.

T

Thermoalcoomètre, 359.
Topinambours, composition, 39.
— traitement, 220.
Traube, capillaromètre, 571.

V

Vases à levure (nettoyage des), 235.
Vidange des cuiseurs (dispositifs pour la), 119.
Vinasses, 394, 477.
— analyse, 532.
— de betteraves, 498
— composition, 479.
— contrôle des, 436, 533.
— de mélasse, 489.
— sèches, 484
— valeur, 482.

W

Wackernie, râpe, 199.
Warein et Defrance, cuiseur saccharificateur, 195.

Z

Zymase, 258.

CATALOGUE

DE

LIVRES SUR LA CHIMIE

PUBLIES PAR

LA LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, CH. BÉRANGER

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, A PARIS

Le catalogue complet est envoyé franco sur demande

Histoire de la chimie.

Histoire de la chimie. I. Histoire de grandes lois chimiques. — II. Histoire des métalloïdes et de leurs principaux composés. — III. Histoire des métaux et de leurs principaux composés. — IV. Histoire de la chimie organique, par R. JAGNAUX. 2 volumes grand in-8°, contenant plus de 1 500 pages. . . . . 32 fr.

Aide-mémoire du chimiste.

Aide-mémoire du chimiste. Chimie inorganique, chimie organique, documents chimiques, documents physiques, documents minéralogiques, etc., etc, par R. JAGNAUX. 1 beau volume contenant environ 1 000 pages. avec figures dans le texte, solidement relié en maroquin. . . . . 15 fr.

Vade-Mecum du fabricant de produits chimiques.

Vade-mecum du fabricant de produits chimiques, par le Dr G. LUNGE, professeur de chimie industrielle à l'École Polytechnique fédérale de Zurich, traduit de l'allemand sur la 2e édition par V. HASSREIDTER et PROST, chimistes-industriels. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié. . . . . 7 fr. 50.

Chimie appliquée à l'industrie.

Traité de chimie appliquée à l'industrie, par ADOLPHE RENARD, docteur ès sciences, professeur de chimie appliquée à l'École supérieure des sciences de Rouen. 1 volume grand in-8°, avec 225 figures dans le texte. . . . . 20 fr.

Analyse chimique.

Traité d'analyse chimique des substances commerciales, minérales et organiques, par R. JAGNAUX. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte 20 fr.

Huiles essentielles.

Les huiles essentielles et leurs principaux constituants, par E. CHARABOT, professeur d'essais et analyses, J. DUPONT, chimiste industriel, et E. PILLET, ingénieur-chimiste, distillateur d'huiles essentielles. Préface de M. E. GRIMAUX, membre de l'Institut. 1 volume in-8° de plus de mille pages avec figures, et tableaux. Prix broché. . . . . 20 fr.

Fermentation alcoolique du vin.

Étude sur la fermentation alcoolique du vin, par V. MARTINAND. 1 brochure in-8° . . . . . 2 fr.

Brasserie.

Traité complet théorique et pratique de la fabrication de la bière et du malt. comprenant la description de tous les procédés, machines et appareils les plus récents, suivi du texte de la législation fiscale régissant la brasserie dans divers pays, par J. CARTUYVELS et CHARLES STAMMER. 1 volume grand in-8, avec 150 gravures sur bois. . . . . 20 fr.

Méthodes de travail pour le laboratoire.

Méthodes de travail pour les laboratoires de chimie organique, par le Dr LASSAR COHN, professeur de chimie à l'université de Kœnigsberg, traduit de l'allemand

par E. ACKERMANN, ingénieur civil des mines. 1 volume in-12, avec figures dans le texte, relié . . . . . 7 fr. 50.

Matières colorantes artificielles.

Traité pratique des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille, par A.-M. VILLON, ingénieur chimiste. 1 volume grand in-8°, avec figures dans le texte. . . . . 20 fr.

Matières colorantes.

Traité des matières colorantes, du blanchiment et de la teinture du coton, suivi du dégommage et de la teinture de la ramie ou china-grass, par ADOLPHE RENARD, docteur ès-sciences physiques, professeur de chimie à l'Ecole supérieure d'industrie de Rouen. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte et un album de 83 échantillons. . . . . 20 fr.

Teinture des soies.

Traité de la teinture des soies, précédé de l'histoire chimique de la soie et de l'histoire de la teinture de la soie, par MARIUS MOYRET. 1 volume in-8°. , 20 fr.

Dégraissage. — Blanchiment.

Traité pratique du dégraissage et du blanchiment des tissus, des toiles, des écheveaux, de la flotte, etc., ainsi que du nettoyage et du détachage des vêtements et des tentures, par A. GILLET. 1 volume in-8°, avec gravures dans le texte. . . . . 5 fr.

Epuration des eaux.

Traité de l'épuration des eaux naturelles et industrielles ; analyse et essais des eaux, inconvénients de l'impureté des eaux, examen des procédés physiques employés à l'épuration de eaux, épuration ou correction chimique, systèmes mixtes, correction des eaux dans les chaudières, description et examen critique des appareils, épuration des eaux résiduelles, par DELHOTEL. 1 volume grand in-8°, avec 147 figures dans le texte, relié. . . . . 15 fr.

Epuration des eaux.

Appareil d'épuration et de filtration des eaux, système Pullen. Ce mémoire a paru dans la livraison de décembre 1890 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison. . . . . 2 fr.

Note sur la filtration mécanique par tissus : filtres Loze et Helaers, Breitfeld-Danek, Rolikowski, Muller, Bontemps, Philippe, avec 1 planche. Ce mémoire a paru dans la livraison de juin 1891 du *Portefeuille des machines*. Prix de la livraison. . . . . 2 fr.

Fabrication du gaz.

Traité théorique et pratique de la fabrication du gaz et de ses divers emplois, à l'usage des ingénieurs, directeurs et constructeurs d'usines à gaz, par EDMOND BORIAS, ingénieur des arts et manufactures, directeur d'usines à gaz. 1 volume in-8°, avec figures dans le texte, relié . . . . . 25 fr.

Emplois chimiques du bois.

Des emplois chimiques du bois dans les arts et l'industrie. Du bois considéré comme combustible, carbonate de potasse, charbon de bois ordinaire, charbon de bois pour poudre, bois torréfié ou charbon roux, charbon moulé, dit charbon de Paris, goudron et ses dérivés, essence de térébenthine et ses dérivés, esprit-de-bois et ses dérivés, acide pyroligneux et ses dérivés, gaz d'éclairage au bois, tanin (extraits tanniques pour tannerie et teinture), cellulose (pâte chimique et pâte mécanique de bois pour papier), glucose (pour alcool), acide oxalique, par O. PETIT, ingénieur, ancien élève de l' cole nationale forestiere. 1 volume grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte. . . . . 15 fr.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

Chem 7918.99
Manuel de distillerie :
Cabot Science
003425375
3 2044 091 950 543